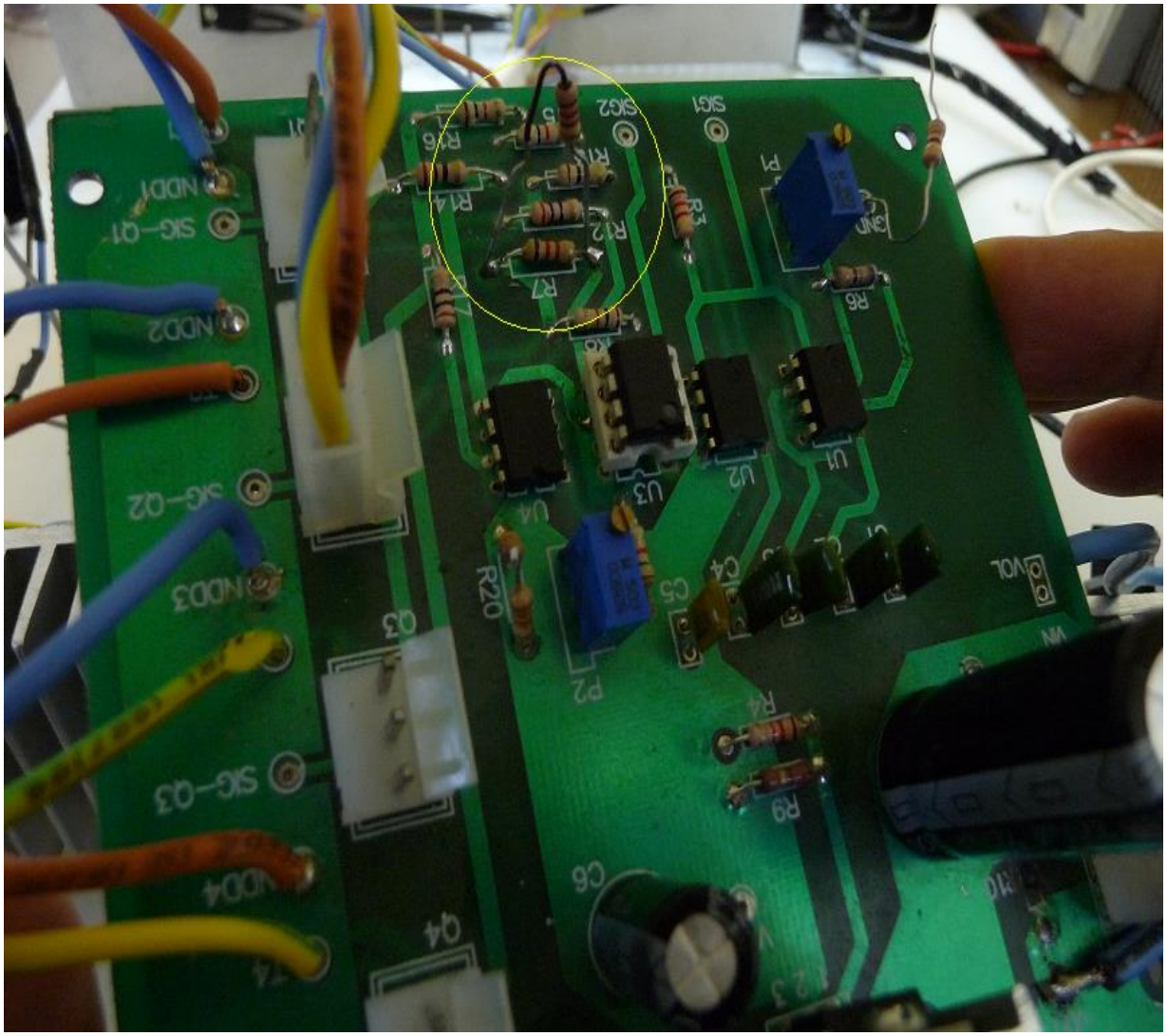


طراحی و ساخت
ژنراتورهای ولتاژ فشار قوی یا ولتاژ بالا
با قابلیت کوپل متغییر

تهیه و تنظیم :

مهندس مازیاررمادان

بسم الله الرحمن الرحیم

طراحی و ساخت
ژنراتورهای ولتاژ فشار قوی یا ولتاژ بالا
با قابلیت کوپل متغییر

آذر ماه 1400

فهرست کلی کتاب

فصل اول: ***صفحه 3***

1	مقدمه
3	منابع تغذیه ولتاژ بالا (High Voltage Power Supply/HV-PS) و ویژگیهای ساختاری آنها
4	استفاده از ترانسفورمر فلای‌بک (FB)
5	منبع تغذیه با چهار خروجی 50 کیلوولتی 8 میلی آمپری

فصل دوم: ***صفحه 45***

9	تستهای تعریف شده منبع تغذیه ولتاژ بالای ساخته شده
10	ایمنی ولتاژ فشار قوی و برچسب هشدار:
11	یادداشت های ویراستار و رفع مسئولیت ها
12	دیتاشیت ترانزیستور BU508D
12	منابع

ژنراتور DC ولتاژ بالا

ولتاژ در تعریف، فشار الکتریکی است که سبب می شود جریان در میان یک رسانا گردش یابد وقتی که فشار به اندازه کافی بزرگ است یک ولتاژ فشار قوی تولید می شود.

- چگونه ولتاژ فشار قوی را تعریف کنیم ؟
- آیا 100-1000 یا 10000 ولت ولتاژ فشار قوی بنظر می رسد ؟

وقتی آنها را با 10 ولت مقایسه می کنیم همه آنها می توانند ولتاژ فشار قوی باشند. از نظر ایمنی، ولتاژ فشار قوی بنظر می رسد که می تواند زندگی انسان را در معرض خطر قرار دهد. آشکار است که خطر 1000 ولت بیشتر از 100 ولت است اما این بدان منظور نیست که 100 ولت هیچ خطری ندارد و لمس کردن ولتاژ 100 ولت بی خطر است. در ضریب ایمنی 100 ولت هنوز ولتاژ فشار قوی بنظر می رسد و این را باید دانست. در این کتاب سعی شده است منابع متعددی از ژنراتورهای تغذیه ولتاژ بالا که قادر است ولتاژ در حدود 10000 VDC تا 50000 VDC رنج را تولید نمایند معرفی گردد.

بزرگی یک ولتاژ می تواند به یون گاز یا هوا تبدیل شود، شارژ خازنهای ولتاژ فشار قوی در لیزرهای کوچک و لامپ تصویر و ... کاربرد دارند و در آزمایشات و تحقیق ها می توانند بسیار مفید باشند.

منابع تغذیه ولتاژ بالا **(High Voltage Power Supply/HV-PS)** و ویژگیهاي ساختاري آنها

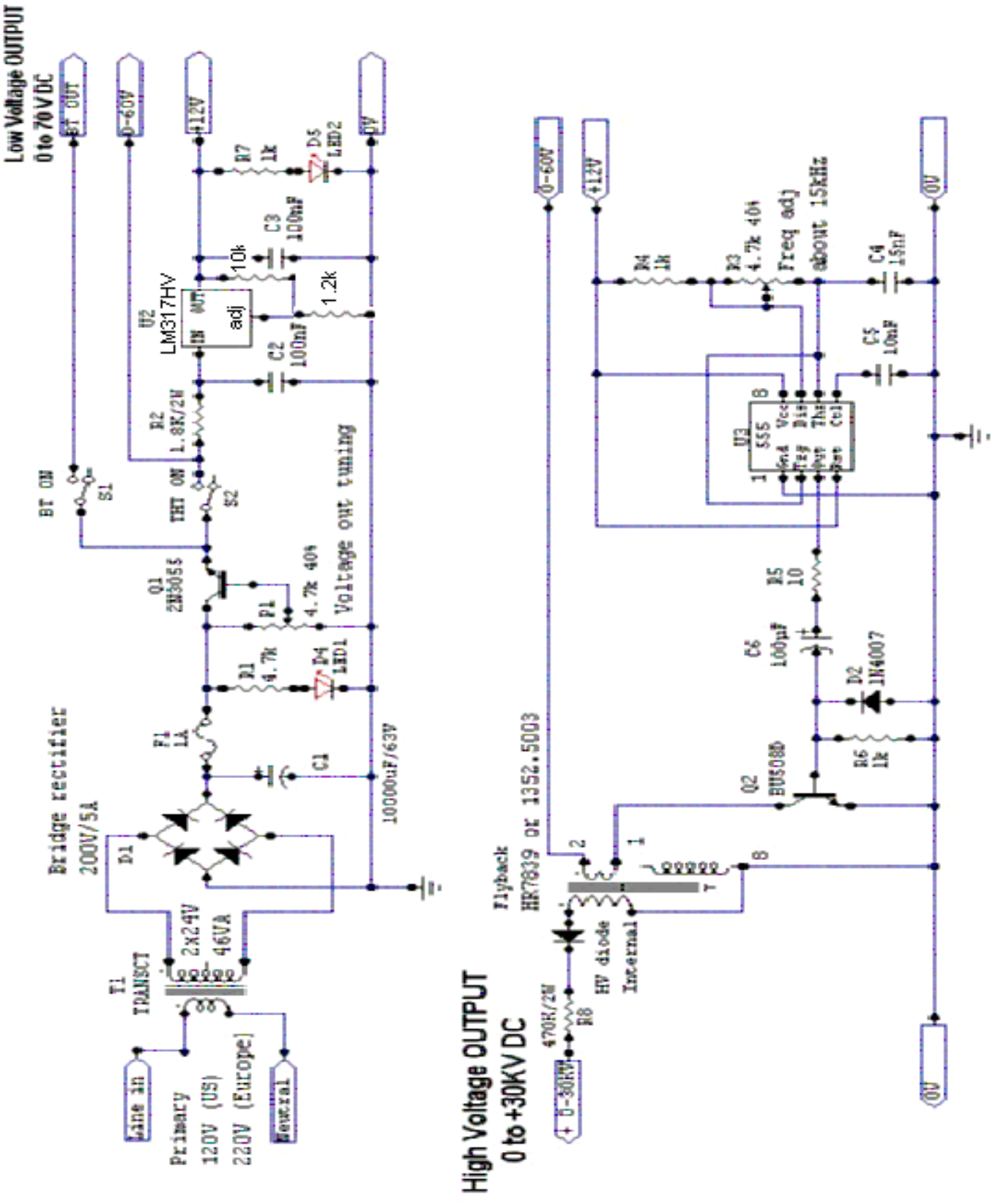
اولین منبع تغذیه ولتاژ بالایی که به آن خواهیم پرداخت، منبع تغذیه ولتاژ بالایی است که قادر است ولتاژی در حدود 30 کیلو ولت تولید کند، لذا با این منبع تغذیه ولتاژ بالا می‌توان با مانور دادن روی سطح ولتاژ خروجی آزمایشات جالبی را دنبال کرد.

Source : http://jnaudin.free.fr/> (J. Naudin>http://www.soteria.com/brown/> (Web site summarizing information about Thomas Townsend Brown

دیاگرام مداری این منبع تغذیه ولتاژ بالا در شکل زیر نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود، ورودی این منبع تغذیه برق تکفاز 220 ولت می‌باشد. در جدول (1) توضیحاتی در مورد قطعات الکترونیکی و الکتریکی استفاده شده در این مدار داده شده است.

جدول (1). قطعات مورد استفاده در منبع تغذیه ولتاژ بالا

Diagram Code	Part Number	Description	Quantity
U3	NE555	Timer	1
U2	LM317HV	Voltage Regulator	1
Q1	2N3055	NPN Bipolar transistor	
Q2	BU508D	HV Bipolar transistor	1
flyback	HR 7839 or 1352.5003	Flyback transformer TV	1
P1	4,7 k Potentiometer	Linear Potentiometer	1
R3	4,7 k Adj. Pot	Adjustable Potentiometer	1
D4, D5	RED LED	Light Emitting Diode	2
D1	1N4007	Diode	1
R1	4.7 k 1/4 Watts	Resistor	1
R4,R6,R7	1 k 1/4 Watts	Resistor	3
R8	470 k 2 Watts	Resistor	1
R5	10 ohms 2 Watts	Resistor	1
R2	1.8K 2 Watts	Resistor	1
C1	10000 uF/63V	Electrolytic capacitor	1
C2,C3	100 nF	Ceramic capacitor	2
C4	15 nF	Ceramic capacitor	1
C5	10 nF	Ceramic capacitor	1
C6	100 uF/63V	Electrolytic capacitor	1
S1,S2	Manual Switches ON/OFF	Single circuit switch	2
D1	Bridge rectifier	Bridge rectifier 200V/5A	1
F1	Fuse 1A	Fuse 1A and socket	1
T1	Transfo 75VA 2x24V 1.56A	Transfo 75VA 2x24V 1.56A	1
R	1.2 K 2 Watts	Resistor	1
R	10 k 2 Watts	Resistor	1

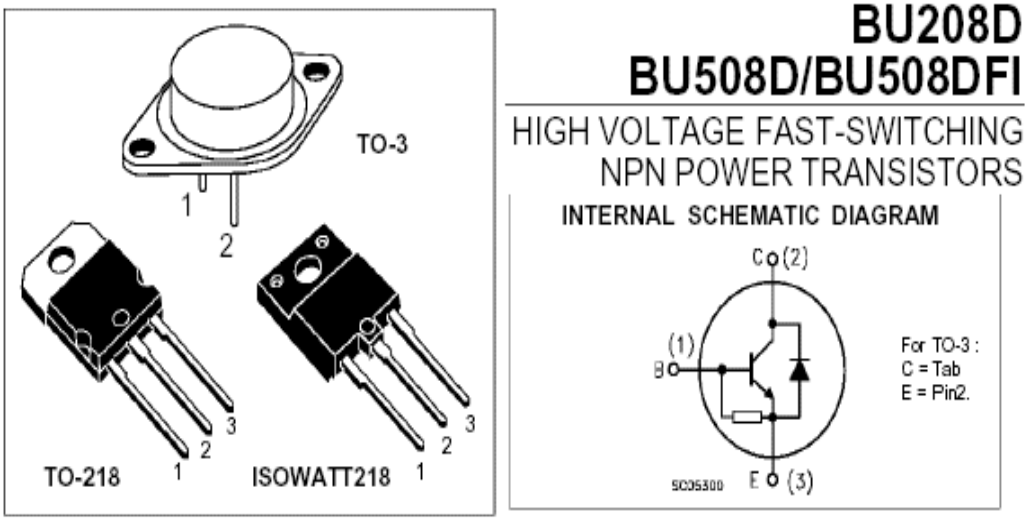


شکل. مدار الکتریکی یک منبع تغذیه ولتاژ بالا

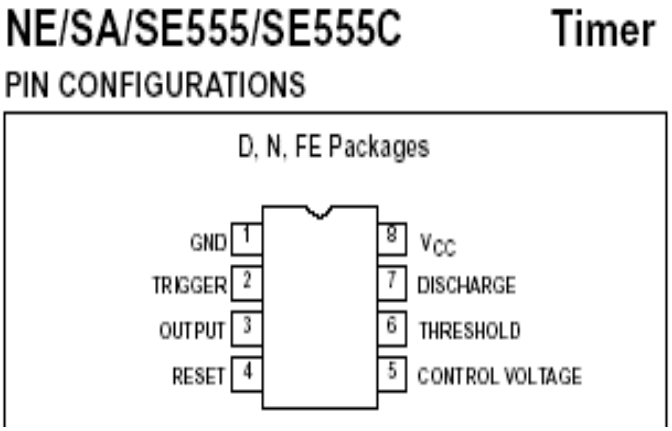
در مدار الکتریکی نشان داده شده در شکل (2)، ورودی مدار برق شهر بوده که بسته به هر کشوری فرق می‌کند و در کشور ما 220 V AC تکفاز می‌باشد. این ولتاژ با استفاده از یک ترانسفورمر 75VA, 2*24V که هم نقش یک ترانسفورمر ایزولاسیون و هم نقش یک ترانسفورمر کاهنده را بازی می‌کند، به ولتاژ 2*24V تبدیل می‌شود. ولتاژ خروجی ترانسفورمر T1 با استفاده از یک پل دیودی یکسوساز 200V/5A یکسو شده که استفاده از یک خازن 10000uF/63V ولتاژ کاملاً صافی را در خروجی بدست می‌دهد. با استفاده از یک پتانسیومتر4.7k که در این مدار برای نمونه در 40٪ تنظیم شده (P1)، می‌توان روی ولتاژ خروجی مانور داد. بدین ترتیب با تنظیم کردن پتانسیومتر در 40% اولین خروجی مدار، یک خروجی ولتاژ پایین 60 ولت می‌باشد که با استفاده از پتانسیومتر گفته شده قابل تنظیم است. در ادامه استفاده از رگولاتور ولتاژ 12 ولتی 78L12 و همچنین استفاده از ترکیب موازی مقاومت/دیود و خازن، خروجی رگوله شدهٔ 12 ولتی را بدست می‌دهد. حال در قسمت دوم مدار با استفاده از تایمر NE555 پالسهایی تولید خواهد شد که فرکانس این پالسها با استفاده از تنظیم کننده فرکانس که یک پتانسیومتر قابل تنظیم هست (R3)، تنظیم کرد. در ادامه مدار با استفاده از ترانزیستور ولتاژ بالای BU508D و ترانسفورمر فلای‌بک HR7839 خروجی ولتاژ بالای 0 تا 30kV DC خواهد بود.

یکی از قطعات مهم مورد استفاده در این مدار ترانزیستور BU508D بوده که یک ترانزیستور از نوع NPN، و High Voltage Fast-Switching می‌باشد. همچنین این ترانزیستور بسیار حساس به پالسهای HV بوده و لذا پیشنهاد می‌شود که یک یا دو عدد از این ترانزیستور را به عنوان رزرو داشته باشیم. دیتاشیت کامل این ترانزیستور در ضمیمه آورده شده است. در شکل (3) شماتیک‌های مختلفی از این ترانزیستور نشان داده شده است. همچنین در شکل‌های (4) و (5) شماتیکی از تایمر NE555 و رگولاتور ولتاژ LM317HV نشان داده شده است.

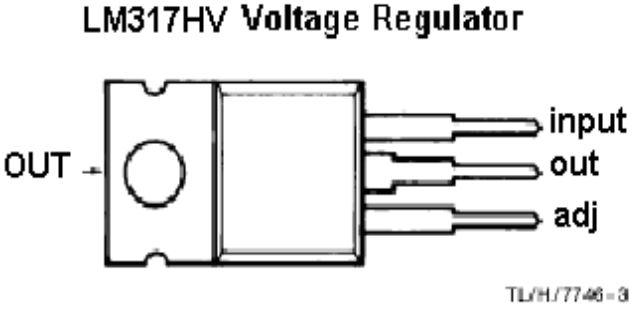
· ترانزیستورهای قدرت: این ترانزیستورها دارای مشخصه روشن و خاموش شدن کنترل شده می باشند. ترانزیستورهای قدرت که به عنوان عناصرکلید زنی استفاده می شوند ،در ناحیه اشباع کار می کنند و افت ولتاژ حالت روشن کمی را سبب می شوند. سرعت کلید زنی ترانزیستورهای جدید بسیار بیشتر از تریستورها است و به همین دلیل همراه با دیودهای با پیوند موازی معکوس که جریان دو سویه را تامین می کنند ، در مدارات فلای بک بکار برده می شوند. Mosfet ها نیز المانهای کنترل شونده با ولتاژ هستند و امپدانس ورودی خیلی بالایی دارند که هدایت انتقالی را در مدارات فلای بک معمولا بعهده میگیرند



شکل (3). شماتیک‌های مختلفی از ترانزیستور BU508D

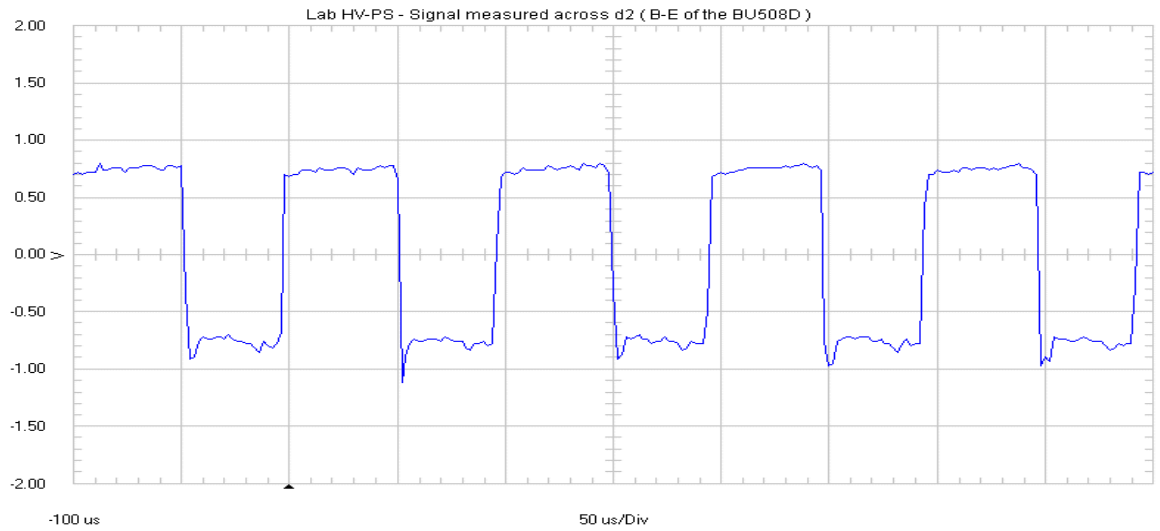


شکل (4). شماتیکی از تایمر NE555

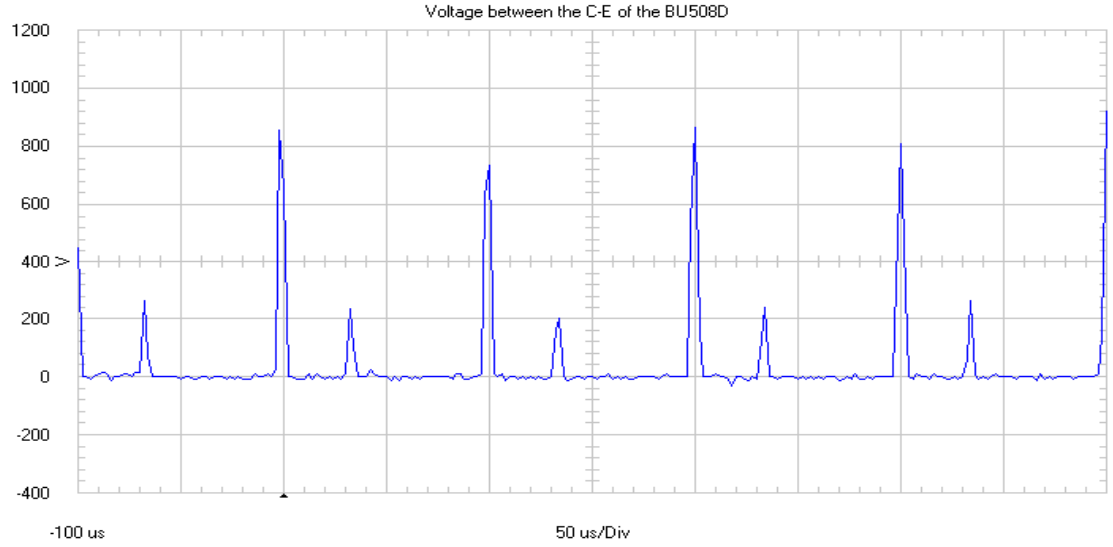


شکل (5). شماتیکی از رگولاتور ولتاژ LM317HV

شکل‌های (6) و (7) به ترتیب ولتاژ اندازه‌گیری شده بین بیس-امیتر ترانزیستور BU508D و بین کلکتور-امیتر این ترانزیستور را نشان می‌دهد.



شکل (6). ولتاژ اندازه‌گیری شده بین بیس-امیتر ترانزیستور BU508D



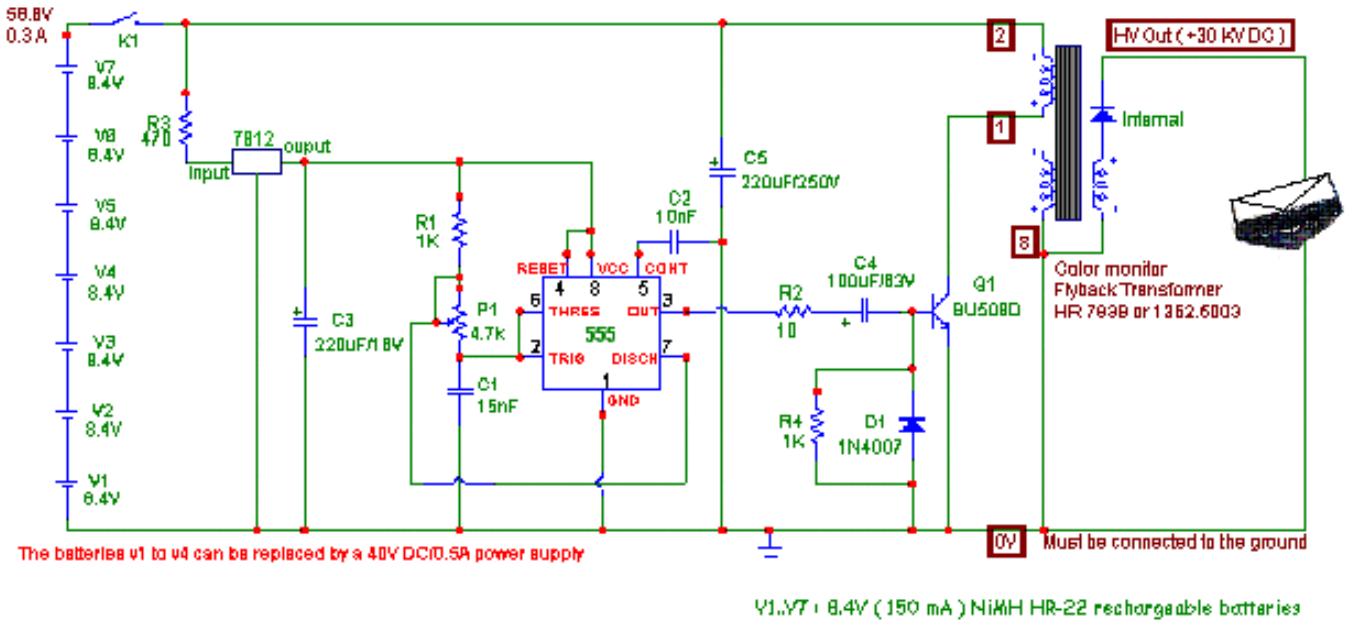
شکل (7). ولتاژ اندازه‌گیری شده بین کلکتور-امیتر ترانزیستور BU508D

دومین منبع تغذیه ولتاژ بالایی که در اینجا مورد بررسی قرار می‌گیرد، یک منبع تغذیه ولتاژ بالای سبک وزن می‌باشد که به منبع تغذیه LW-HVPS معروف است منبع تغذیه ولتاژ بالای LW-HVPS قادر است با یک باتری قابل شارژ NiMH نوع HR22 تغذیه شود. این منبع تغذیه ولتاژ بالا در مقایسه با منبع تغذیه ولتاژ بالای قبلی سبکتر، فشرده‌تر و ارزانتر است.

نمونه‌ای از این منبع تغذیه ولتاژ بالای سبک وزن در شکل (8) نشان داده شده است.

شکل (8). نمونه‌ای از منبع تغذیه ولتاژ بالای سبک وزن

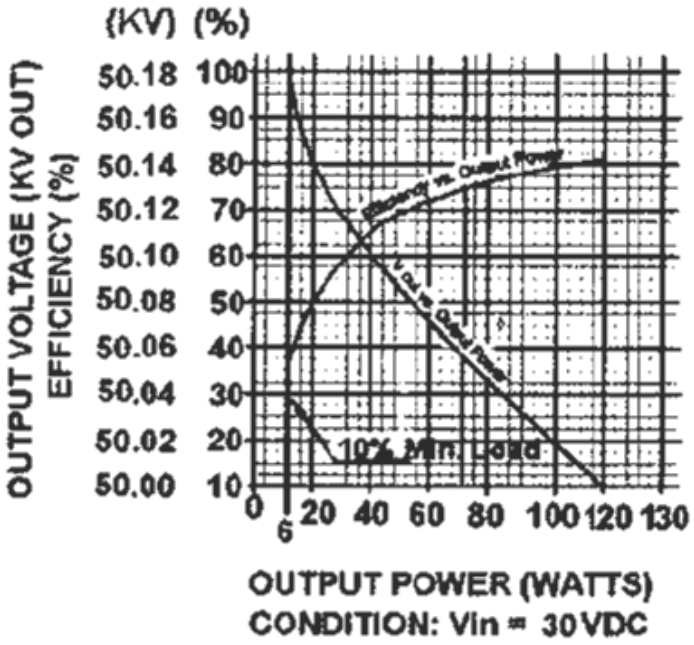
دیاگرام مداری منبع تغذیه ولتاژ بالای LW-HVPS در شکل (9) نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود و قبلاً نیز ذکر شد، ورودی این منبع تغذیه ولتاژ بالا 7 عدد باتری NiMH 8/4 ولتی بوده که به جای باتریهای 1 تا 4 می‌توان از منبع توان 40 V DC/0.5A استفاده کرد. در جدول (2) توضیحاتی مختصر در مورد قطعات الکترونیکی و الکتریکی مورد استفاده در این مدار الکتریکی داده شده است.



شکل (9). مدار الکتریکی منبع تغذیه ولتاژ بالای سبک وزن

توضیحات : در این مدار از یک ترانسفرمر آماده تلویزیون 29 اینچ فیلیپس با مشخصات مندرج در جدول (2) استفاده شده است. مدارت ارائه شده در این گزارش غیر رگوله هستند رگولاسیون بار و خط معینی ندارند. ضمنا تغییرات ولتاژ

خروجی به دلیل تغییر بار خروجی و تغییرات ولتاژ ورودی مانند منحنی شکل زیر می باشد که راندمان عمکلرد آنها در برخاست لیفترها بسته به نوع لیفتر و چیدمانی سلولهای آنها ارائه شده است :



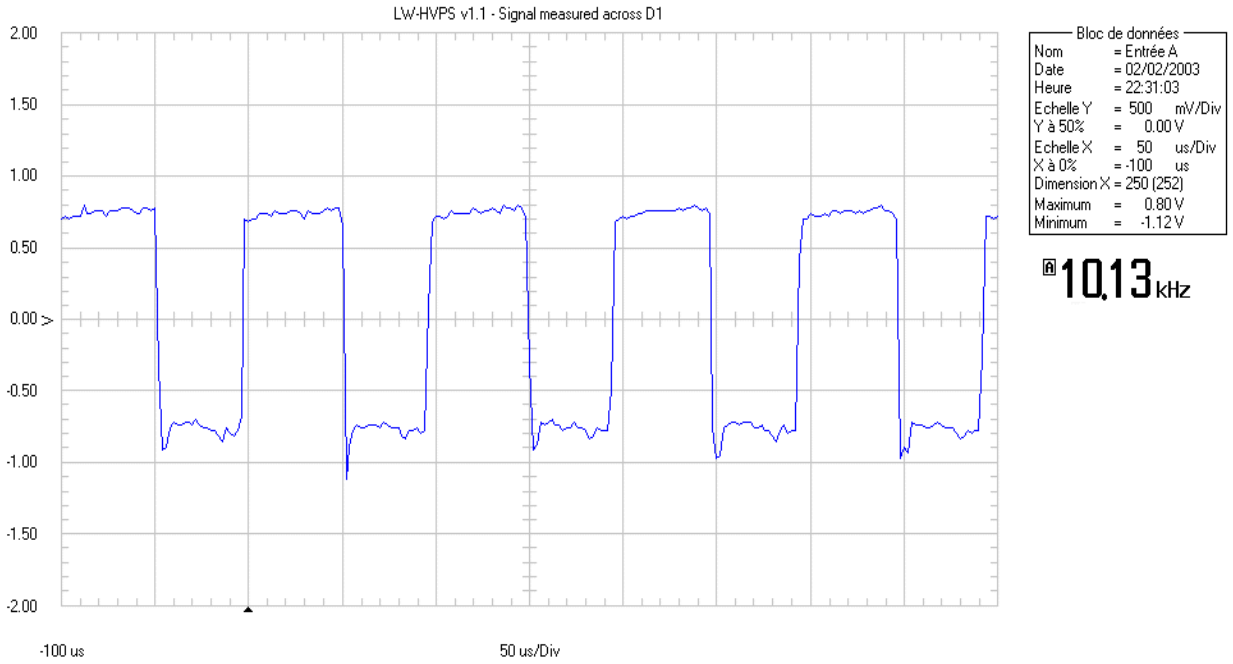
جدول (2). قطعات مورد استفاده در منبع تغذیه ولتاژ بالای سبک وزن

Diagram Code	Part Number	Description	Quantity
	NE555	Timer	1
	7812	Voltage Regulator	1
Q1	BU508D	HV Bipolar transistor	1
	HR 7839 or 1352.5003	Flyback transformer TV	1
P1	4,7 K Adj. Pot	Adjustable Potentiometer	1
D1	1N4007	Diode	1
R1, R4	1 Kohm 1/4 Watts	Resistor	2
R2	10 ohms 2 Watts	Resistor	1
R3	470 ohms 2 Watts	Resistor	1
C1	15 nF	Ceramic capacitor	1
C2	10 nF	Ceramic capacitor	1
C3	220 uF/16V	Electrolytic capacitor	1
C4	100 uF/63V	Electrolytic capacitor	1
C5	220 uF/250V	Electrolytic capacitor	1
K1, K2	Dual Switch ON/OFF	Dual circuit switch	1
V1,..,V7	HR 22 - 8.4 V 150mA	Rechargeable Batteries	9

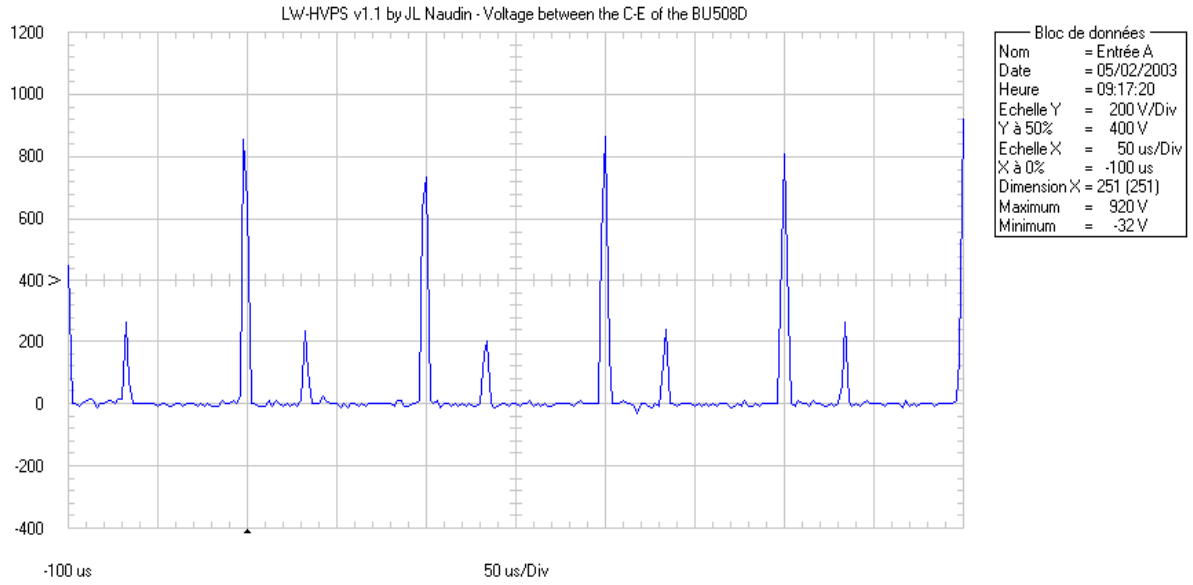
جدول (2). قطعات مورد استفاده در منبع تغذیه ولتاژ بالای سبک وزن

Diagram Code	Part Number	Description	Quantity
	NE555	Timer	1
	7812	Voltage Regulator	1
Q1	BU508D	HV Bipolar transistor	1
	HR 7839 or 1352.5003	Flyback transformer TV	1
P1	4,7 K Adj. Pot	Adjustable Potentiometer	1
D1	1N4007	Diode	1
R1, R4	1 Kohm 1/4 Watts	Resistor	2
R2	10 ohms 2 Watts	Resistor	1
R3	470 ohms 2 Watts	Resistor	1
C1	15 nF	Ceramic capacitor	1
C2	10 nF	Ceramic capacitor	1
C3	220 uF/16V	Electrolytic capacitor	1
C4	100 uF/63V	Electrolytic capacitor	1
C5	220 uF/250V	Electrolytic capacitor	1
K1, K2	Dual Switch ON/OFF	Dual circuit switch	1
V1,..,V7	HR 22 - 8.4 V 150mA	Rechargeable Batteries	9

شکل‌های (10) و (11) به ترتیب ولتاژ اندازه‌گیری شده عبوری از دیود D1 و ولتاژ بین کلکتور-امیتر ترانزیستور BU508D را نشان می‌دهد.



شکل (10). ولتاژ اندازه‌گیری عبوری از دیود D1

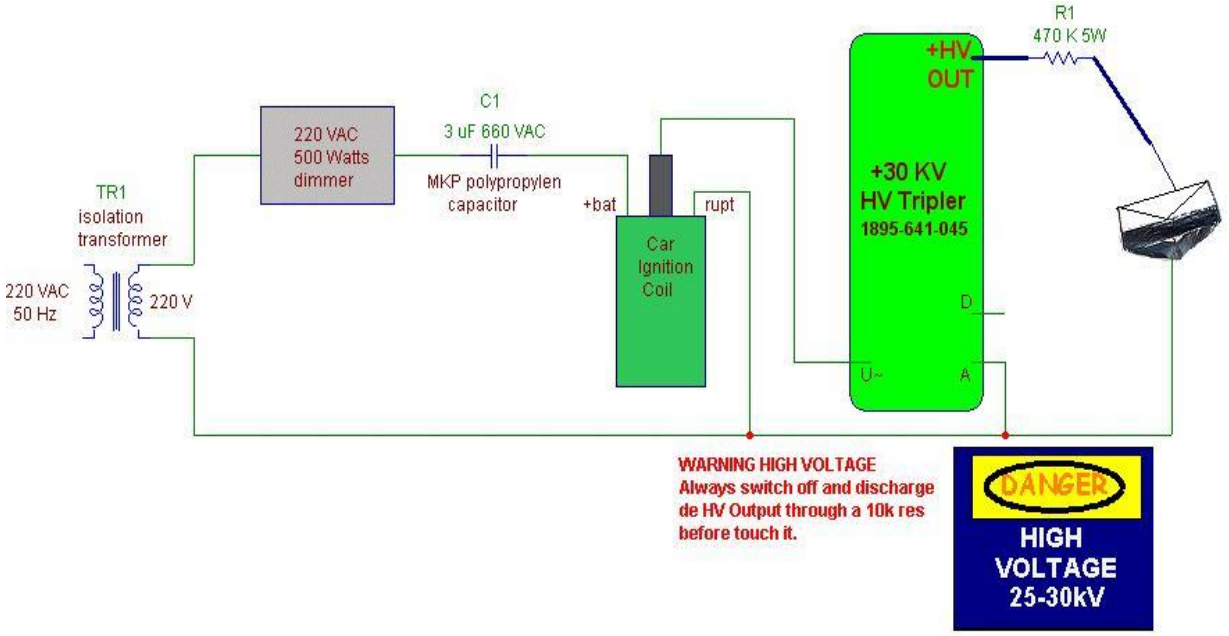


شکل (11). ولتاژ اندازه‌گیری شده بین کلکتور-امیتر ترانزیستور BU508D

سومین منبع تغذیه ولتاژ بالا، یک منبع تغذیه ولتاژ بالای بسیار ساده و سبک می‌باشد که به منبع تغذیه VS-HVPS معروف است منبع تغذیه ولتاژ بالای VS-HVPS کاملاً تنظیم‌پذیر بوده و قادر است ولتاژ 6kV تا 25kV تولید کند. با این منبع تغذیه ولتاژ بالا، می توان یک ولتاژ 23kV و 288uA یا به عبارتی دیگر 6.6Watts داشته باشد. خروجی این منبع تغذیه با استفاده از یک دیمر لامپ هالوژنی بین 6kV تا 25kV به آسانی قابل تنظیم است. نمونه‌ای از این منبع تغذیه ولتاژ بالای بسیار ساده در شکل (12) نشان داده شده است.

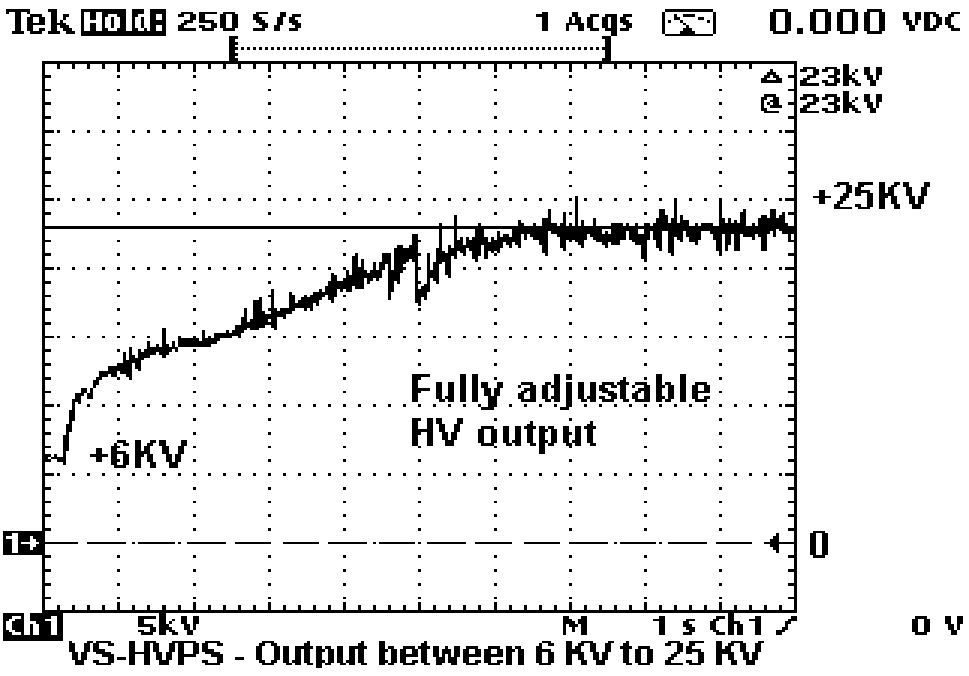
شکل (12). نمونه‌ای از منبع تغذیه ولتاژ بالای بسیار ساده

دیاگرام مداری این منبع تغذیه ولتاژ بالا در شکل (13) نشان داده شده است.

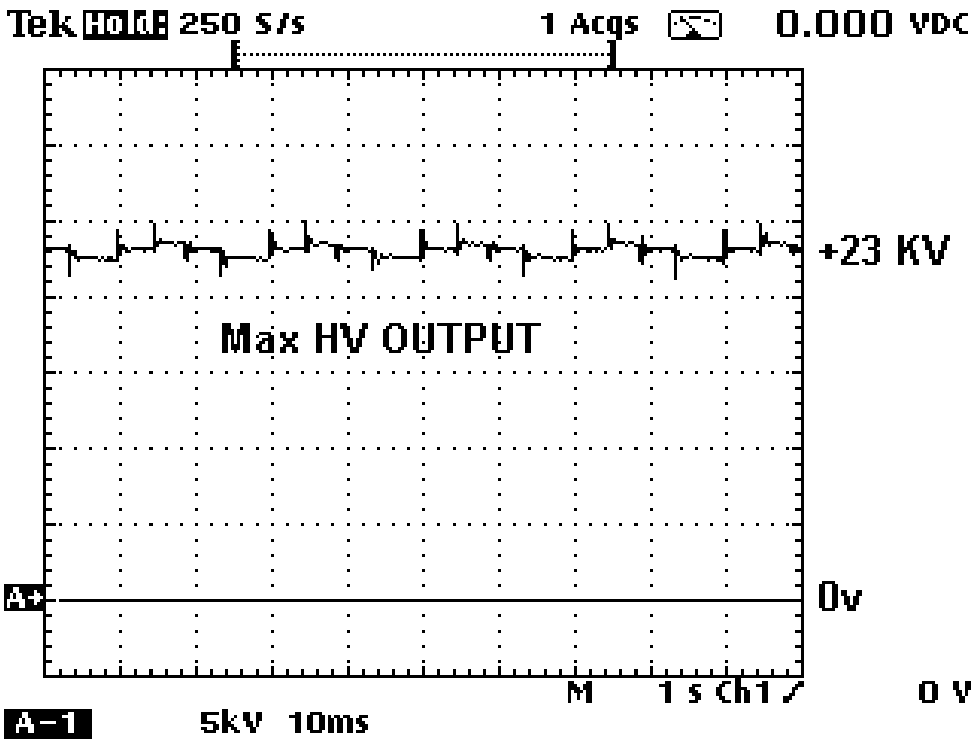


شکل (13). مدار الکتریکی منبع تغذیه ولتاژ بالای بسیار ساده

شکل‌های (14) و (15) به ترتیب ولتاژ خروجی قابل تنظیم بین 6kV تا 25kV و ماکزیمم ولتاژ خروجی را نشان می‌دهد.



شکل (14). ولتاژ خروجی قابل تنظیم بین 6kV تا 25kV

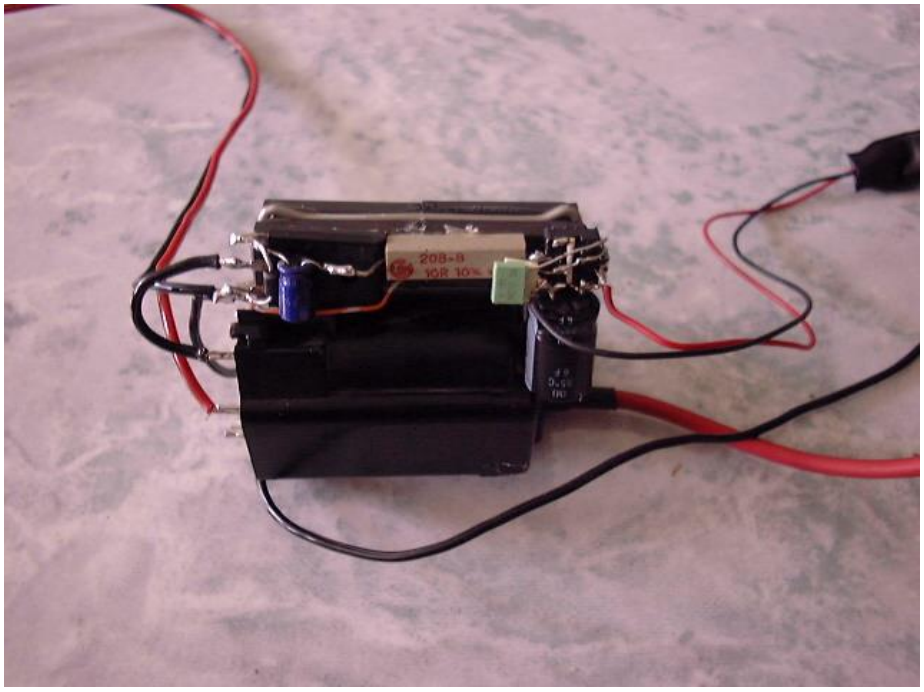


شکل (15). ماکزیمم ولتاژ خروجی منبع تغذیه ولتاژ بالای بسیار ساده

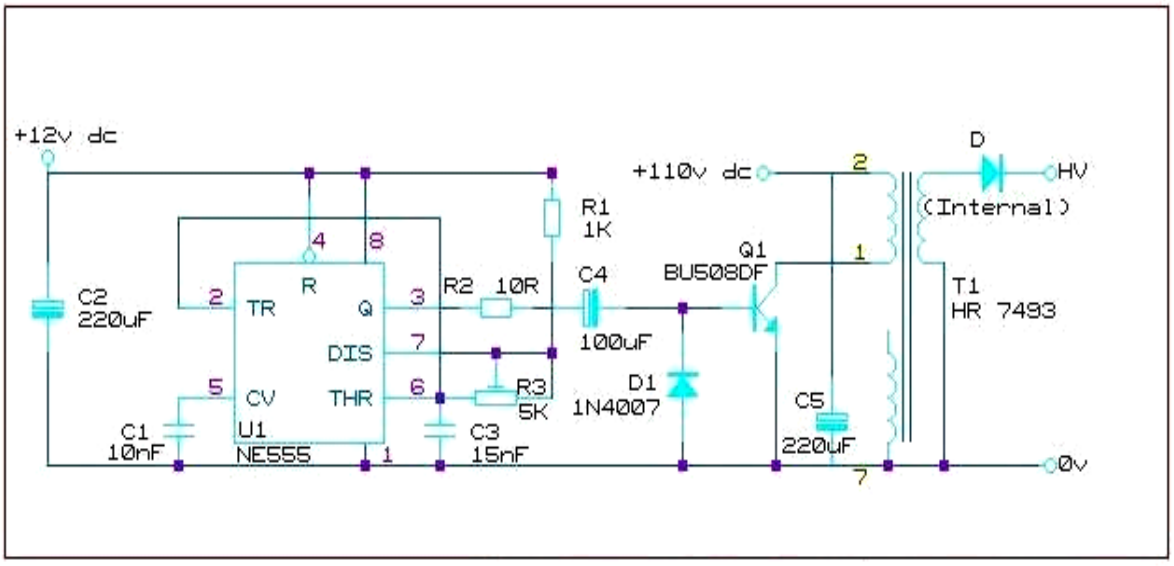
منبع تغذیه ولتاژ بالای دیگری که در اینجا بررسی می‌شود، به همراه مدار الکتریکی آن در شکل‌های (16) و (17) نشان داده شده است. این منبع تغذیه که با باتری 12 ولتی کار می‌کند، دارای وزنی در حدود 300 گرم و توان ورودی تقریباً 80 وات با خروجی 50kV@0mA تا 30 کیلو ولت در بار کامل 2/2 میلی‌آمپر می‌باشد.

مدار داریور همانند مدارات قبلی شامل یک اسیلاتور 555 و ترانزیستور BU508DF می‌باشد. این مدار قادر به کارکرد پیوسته در توان 40 وات بدون نیاز به هیت‌سینک بوده و ترانسفورمر آن مدل HR74393 می‌باشد.

لازم به ذکر است که وزن این منبع تغذیه با باتری 100 ولتی در حدود 480 گرم و با باتری نیکل-کادمیوم 12 ولتی در حدود 360 گرم می‌باشد.



شکل (16). منبع تغذیه توان بالا



شکل (17). مدار الکتریکی منبع تغذیه توان بالا

در مدار الکتریکی نشان داده شده در شکل (17)، اگر به جای یک باتری از یک منبع تغذیه DC استفاده کنیم، نیازی به خازن C5 نیست. پتانسیومتر قابل تنظیم R3 که 4.7k بوده، برای تغییر فرکانس بوده، لذا بسیار مهم بوده و بنابراین ولتاژ خروجی را تغییر خواهد داد. بنابراین ابتدا این پتانسیومتر را روی 1k تنظیم کرده و سپس سوئیچ ON مدار را روشن کرده و به تدریج افزایش می‌دهیم تا ولتاژ خروجی به 30kV برسد. نکته‌ای که در مورد این مدار باید توجه شود

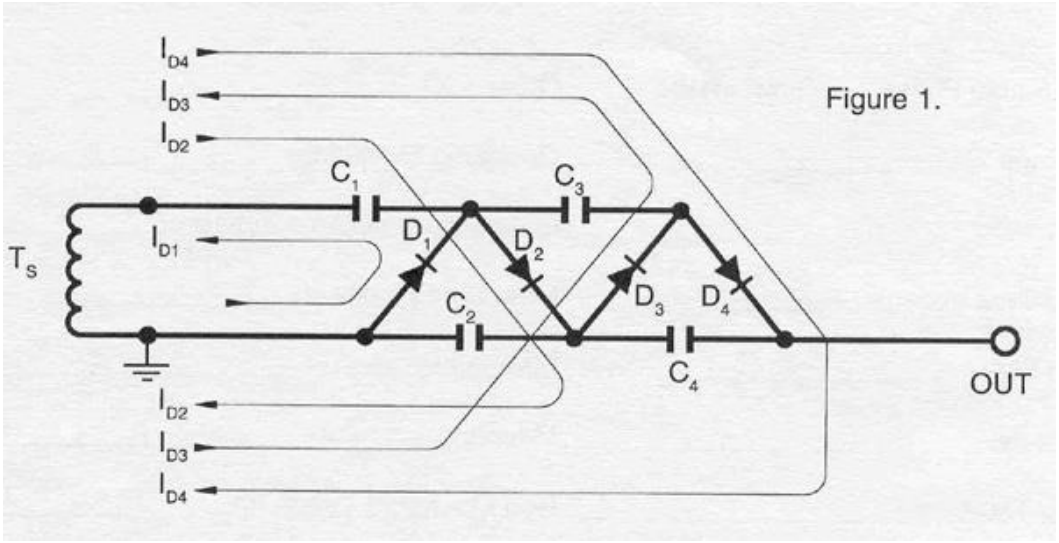
این است که طراحی این مدار با اولویت وزن کم بوده لذا هیچ‌گونه مدار حفاظتی برای آن تعبیه نشده است. بنابراین اگر افزایش مقاومت پتانسیومتر بدون مانیتورینگ خروجی انجام گیرد، امکان منفجر شدن ترانزیستور وجود دارد. اگر از یک باتری 100 ولتی در این مدار استفاده شود، ماکزیمم ولتاژ خروجی قابل دسترسی در مقاومت 2.2k بدست می‌آید. همچنین ترانزیستور پیشنهادی از نوع BU508DF بوده که بهترین فرکانس کارکرد آن در محدودهٔ 15-25 kHz است. فرکانس تشدید ترانسفورمر فلای‌بک برابر با 15625 Hz بوده، لذا با استفاده از یک فرکانس‌متر در خروجی NE555 و تغییر پتانسیومتر قابل تنظیم 4.7k به این عدد می‌توان رسید.

منبع تغذیه ولتاژ بالای دیگری که در اینجا بررسی می‌شود، منبع تغذیه 65kV می‌باشد. یکی از ارزان‌ترین و عمومی‌ترین راههای تولید ولتاژ بالا در جریانهای نسبتاً پایین استفاده از چند برابر کننده ولتاژ دیود/خازن چند طبقه‌ای است که این مدار به چند برابر کننده Cockroft Walton (CW) مشهور است، که به اسم دو نفری است که طراحی این مدار را مطرح کردند. برخلاف ترانسفورمر این روش نیاز به هسته سنگین را حذف می‌کند.

طراحی مدار CW براساس چند برابر کننده سری نیم موج است. شکل (18)، نمونه‌ای از این مدار را نشان می‌دهد.

source : Energy Conversion Lab, Hangar #3, Purdue Airport West Lafayette, IN

on Web 2000 ،47906, September 5



شکل (18). مدار Cockroft Walton (CW)

اساس کار مدار CW، به شرح زیر است:

Ts هنگامی که در پیک منفی است، خازن C1 از طریق دیود D1 تا Epk در جریان ID1 شارژ می‌شود.

Ts هنگامی که در پیک مثبت است، خازن C2 از طریق دیود D2 تا 2Epk در جریان ID2 شارژ می‌شود.

Ts هنگامی که در پیک منفی است، خازن C3 از طریق دیود D3 تا Epk در جریان ID3 شارژ می‌شود.

Ts هنگامی که در پیک مثبت است، خازن C4 از طریق دیود D4 تا 2Epk در جریان ID4 شارژ می‌شود. بنابراین خروجی Epk(N) بوده که N تعداد پله‌ها است.

مدار تشریح شده در بالا یک چند برابر کننده CW است که عموماً به سه برابر کننده مشهور است و اکثراً در تلویزیونهای رنگی کاربرد دارد. چند برابر کننده CW دارای معایبی از جمله رگولاسیون ولتاژ بسیار ضعیف می‌باشد که باعث افت ولتاژ بسیار سریع به عنوان تابعی از جریان خروجی است. مشخصه V/I تقریباً هذلولوی بوده، بنابراین در توانهای تقریباً ثابت بانکهای خازنی ولتاژ شارژینگ بالایی دارند. همچنین این مدار در شرایط بارهای سنگین دارای ریپل خروجی کاملاً بالا است. این مدار همچنین برای تولید ولتاژهای در حد مگاولت بکار برده می‌شود که نمونه‌ای از آن در شکل (19) نشان داده شده است.

شکل (19). نمونه‌ای از مدار Cockroft Walton (CW) برای تولید ولتاژ در حد مگاولت

در مدار CW، ولتاژ خروجی اسمی (Eout) هر طبقه دو برابر پیک ولتاژ خروجی (Eac)است.

$$Eout = 2.828*n*Eac - VDrop$$

در دیاگرام بالا چهار طبقه نشان داده شده است، بنابراین $Eout=2.828*4*Erms$

اگر پیک ولتاژ خروجی برابر 10 کیلو ولت باشد، خروجی مدار بالای 113 کیلو ولت خواهد بود. در عمل به خاطر افت ولتاژ یا همان پارامتر VDrop مخصوصاً در تعداد طبقات بالاتر ولتاژ خروجی از این مقدار کمتر است. هر دیود دارای افت ولتاژ در حدود 60 ولت داشته و لذا تلفات توان هر دیود در هر سیکل شارژینگ اتفاق می‌افتد. لذا مساله تلفات گرمایی برای دیودهای کوچک باید مدنظر باشد.

افت ولتاژ تحت شرایط بار به شرح زیر مورد محاسبه قرار می‌گیرد:

$$VDROP = Iload/(fC) * (2/3\ n3 + 1/2\ n2 - 1/6\ n)$$

که:

Iload: جریان بار برحسب آمپر

C: خازن هر طبقه بر حسب فاراد

f: فرکانس برحسب هرتز

n: تعداد طبقه‌ها

ریپل ولتاژ هم از طریق رابطه زیر محاسبه می‌شود:

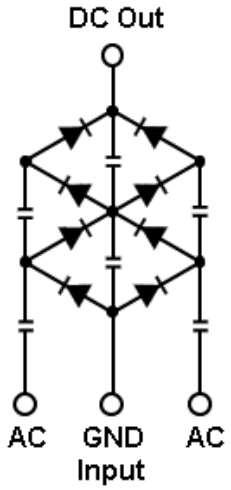
$$Eripple = Iload/(fC)*n*(n+1)/2$$

همانطورکه در این رابطه مشهود است، ریپل ولتاژ با افزایش تعداد طبقات به سرعت افزایش پیدا می‌کند چرا که در این معادله n با توان دوم می‌باشد.

برای مقادیر بزرگ (5=>) n، ترمهای n2/2 و n/6 در رابطه افت ولتاژ در مقایسه با 2/3n3 بسیار کوچک می‌شود. با مشتق‌گیری رابطه افت ولتاژ نسبت به n (تعداد طبقات) یک رابطه برای تعداد طبقات بهینه به شرح زیر حاصل می‌شود:

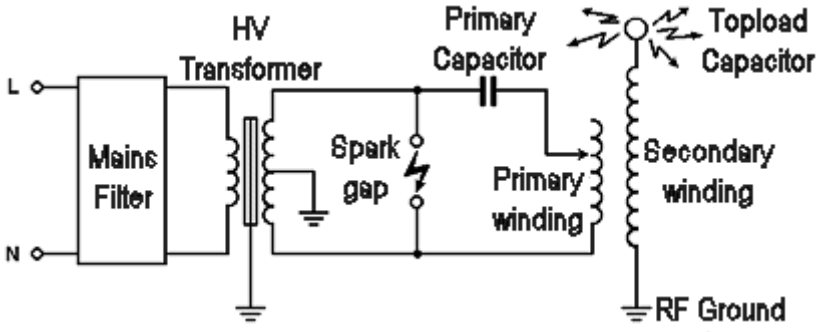
$$Noptimum = SQRT\ (Vmax * f * C/Iload)$$

همانطور که از رابطه ریپل ولتاژ و افت ولتاژ مشخص است، با افزایش فرکانس ریپل و افت ولتاژ تحت بار بطور چشمگیری کاهش می‌یابد. یک متد جالب جهت کاهش افت ولتاژ پیاده‌سازی یک دو برابر کننده ولتاژ تمام موج بوده که نمونه‌آی از آن در شکل (20) نشان داده شده است. ورودی این دو برابر کننده از تپ وسطی ترانسفورمر تغذیه می‌شود.



شکل (20). دو برابر کننده ولتاژ تمام موج

منبع تغذیه ولتاژ بالای دیگری که در اینجا بررسی می‌شود، منبع تغذیه 300kV می‌باشد. طراحی این مدار براساس ترانسفورمر تشدید با هسته هوایی بوده که به کویل تسلا معروف بوده و دارای نرخ ولتاژ بالای 300 kV می‌باشد. نمونه‌ای از این مدار در شکل (21)نشان داده شده است.



شکل (21). ترانسفورمر تشدید

مقادیر نامی مربوط به مدار با استفاده از نرم‌افزار Air cored resonanat transformer calculator محاسبه می‌شود.

نخستین گام انتخاب یک ترانسفورمر ولتاژ بالا به منظور تغذیه توان مورد نیاز سیستم است. در اینجا برای نمونه یک ترانسفورمر 450 وات با خروجی 15 کیلوولت انتخاب شده است که در شکل (22) نشان داده شده است.

شکل (22). ترانسفورمر Neon Sign 15 kV, 30 mA

با معلوم بودن ولتاژ، جریان و امپدانس ترانسفورمر انتخابی ظرفیت خازن تشدید همانطور که در شکل (23) نشان داده شده است، با استفاده از نرم‌افزار محاسبه می‌شود.

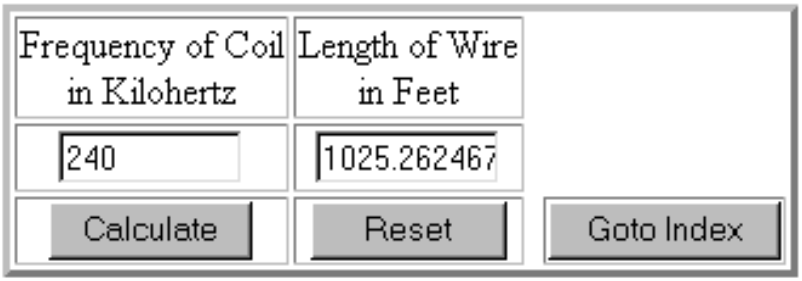
Transformer Volts	Transformer Milliamps	Impedence	Resonant Capacitor in Mfd
15000	30	500000	0.006366197
Calculate	Reset		Goto Index

شکل (23). محاسبه ظرفیت خازن تشدید

ظرفیت خازن تشدید محاسبه شده برابر 6/37 نانو فاراده بوده که از 23 تا خازن 0/15 نانو فارادی بطور سری استفاده شده که ظرفیتی معادل 6/35 بدست می‌دهد که تقریباً به ظرفیت محاسبه شده نزدیک است. پیک ولتاژ در هر خازن 15 kV*1.4/23=922 V بوده که جهت ایمنی کار خازن 2 کیلو ولتی بکار برده می‌شود.

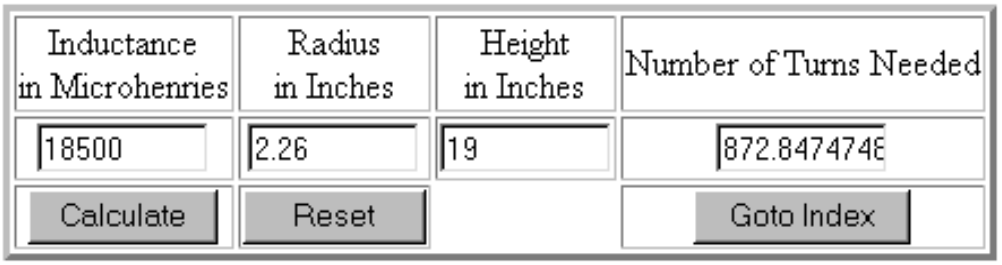
مرحله بعدی، انتخاب فرکانس کارکرد کویل تشدید است که در اینجا برای نمونه 240 کیلوهرتز انتخاب شده است که اگر ربع طول موج این فرکانس در نظر گرفته شود، طول سیم کویل ثانویه حساب می‌شود که براحتی با استفاده از

نرم‌افزار یاد شده محاسبه می‌گردد (شکل (24)) که برابر 1025/26 فوت و یا به عبارتی دیگر برابر 312/5 متر می‌باشد.

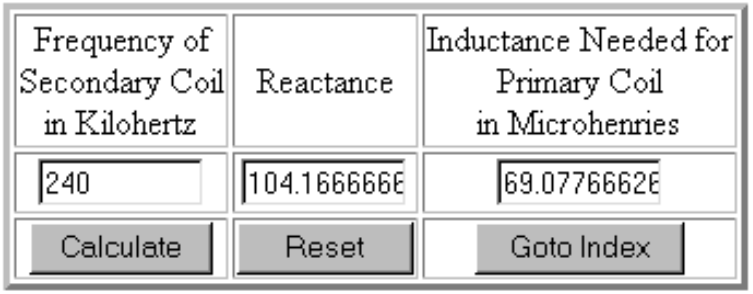


شکل (24). محاسبه طول سیم کویل ثانویه

مراحل بعدی محاسبه تعداد دور مورد نیاز و اندوکتانس کویل اولیه است که با استفاده از نرم‌افزار یاد شده محاسبه می‌گردد که در شکل‌های (25) و (26) نشان داده شده است.



شکل (25). محاسبه تعداد دور مورد نیاز



شکل (26). محاسبه اندوکتانس کویل اولیه

خازن توزیع شده کویل ثانویه معادل با Cl بوده که از رابطه Cl = (0.1 A + 0.32)*D محاسبه می‌شود. در این رابطه A نسبت شیب کویل ثانویه بوده که از رابطه A= 13.8*P-0.197 = 4.14 محاسبه می‌گردد که P توان

ترانسفورمر انتخابی است که در اینجا برابر 450 وات است. D نیز قطر بر حسب سانتی‌متر بوده که از رابطه D(inch)= 0.323*P0.4 = 3.7" محاسبه می‌گردد.

$$Cl = (0.1*4.2 + 0.32) * 11.5) = 8.51 \text{ pF}$$

اندوکتانس کویل ثانویه 18500 میکروهانری است،لذا خازن مورد نیاز برای تشدید در 240 کیلوهرتز تقریباً برابر 24 پیکوفاراد است. بنابراین خازن خارجی معادل 15 پیکو فاراد خواهد بود.

با در نظر گرفتن راندمان 85٪ که یک مقدار خوب جهت طراحی رزوناتور می‌باشد، پیک ولتاژ ثانویه برابر است با:

$$Vmax = Vcap * (Eff * Lsec/Lprim)0.5$$

$$Vmax = 15 \text{ kV} * 1.4 * (0.85*18500/69)0.5$$

$$Vmax= 317 \text{ kV}$$

نکته‌ای که جالب به نظر می‌رسد، این است که نسبت دور اولیه و ثانویه هیچ گونه تاثیری روی بهره ولتاژ ندارند.

شکل‌های (27) و (28) نمونه‌های آزمایشگاهی ترانسفورمر تشدید را نشان می‌دهند.

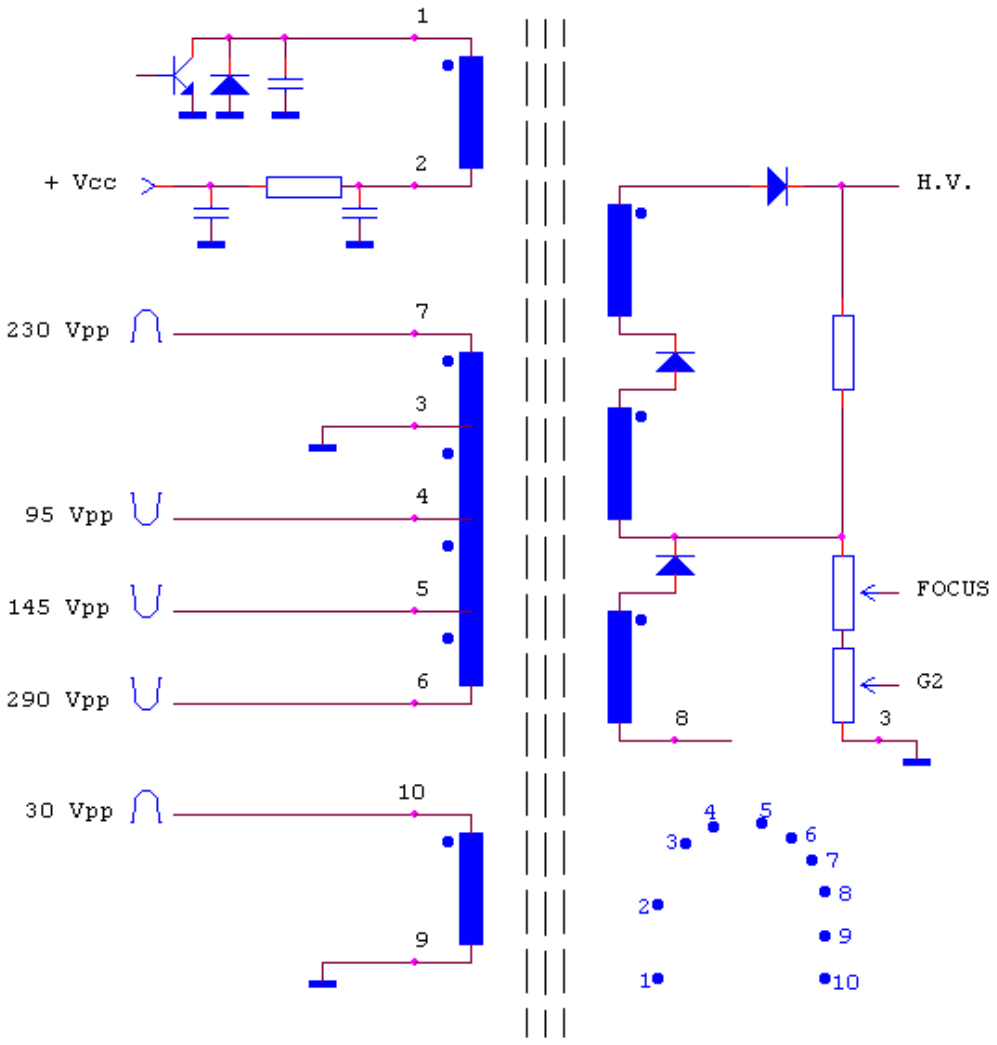
شکل (27). نمونه‌ای از ترانسفورمر تشدید

شکل (28). راه‌اندازی نمونه آزمایشگاهی ترانسفورمر تشدید

استفاده از ترانسفورمر فلاي‌بك **(FB)**

به منظور ساختن منبع تغذیه ولتاژ بالا (HV-PS) استفاده از ترانسفورمر فلای‌بک الزامی است، به عبارت دیگر قطعه مهم مورد استفاده دیگر منبع تغذیه ولتاژ بالا، ترانسفورمر فلای‌بک (FB) بوده که دیاگرام مداری کامل آن در شکل (29) نشان داده شده است.

HR 7839



INSTRUM.	MAT	+	COL	⊥ A	⊥ 1	⊥ 2	⊥ 3	TYPE
STVDST-01	29.5	2	1	8	3	9		90

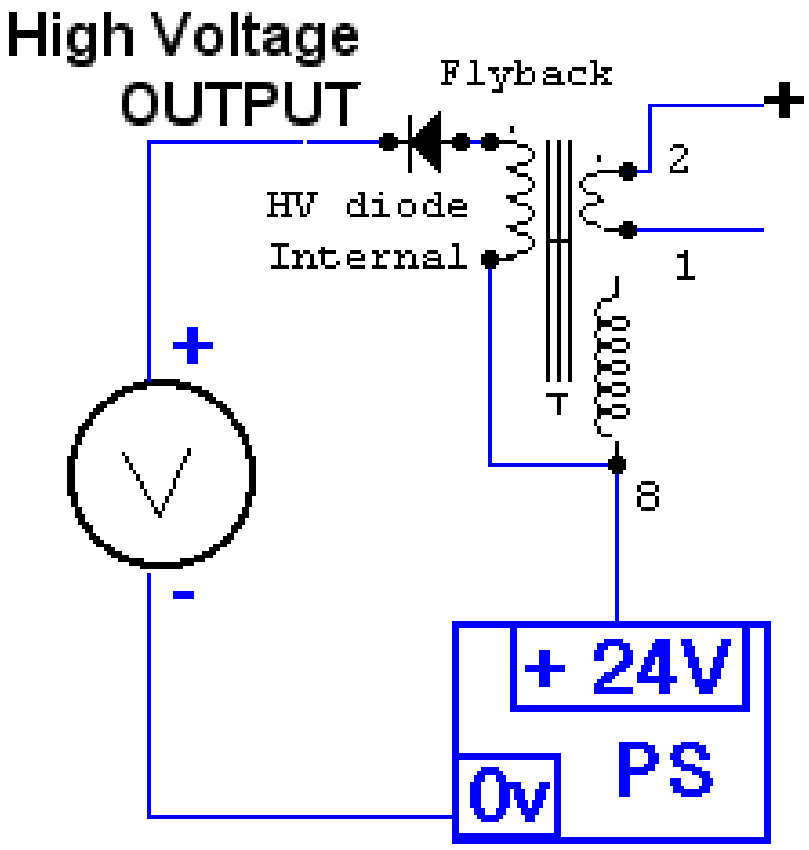
شکل (29). شماتیک مداری ترانسفورمر HR7939

مساله مهم در استفاده از ترانسفورمر فلای‌بک دیاگرام pinout چنین ترانسفورمری می‌باشد. در این بخش یک متد ساده جهت شناسایی پین‌های ورودی سیم‌پیچی اولیه و همچنین 0 V پین خروجی سیم‌پیچی ثانویه HV ارائه می‌شود.

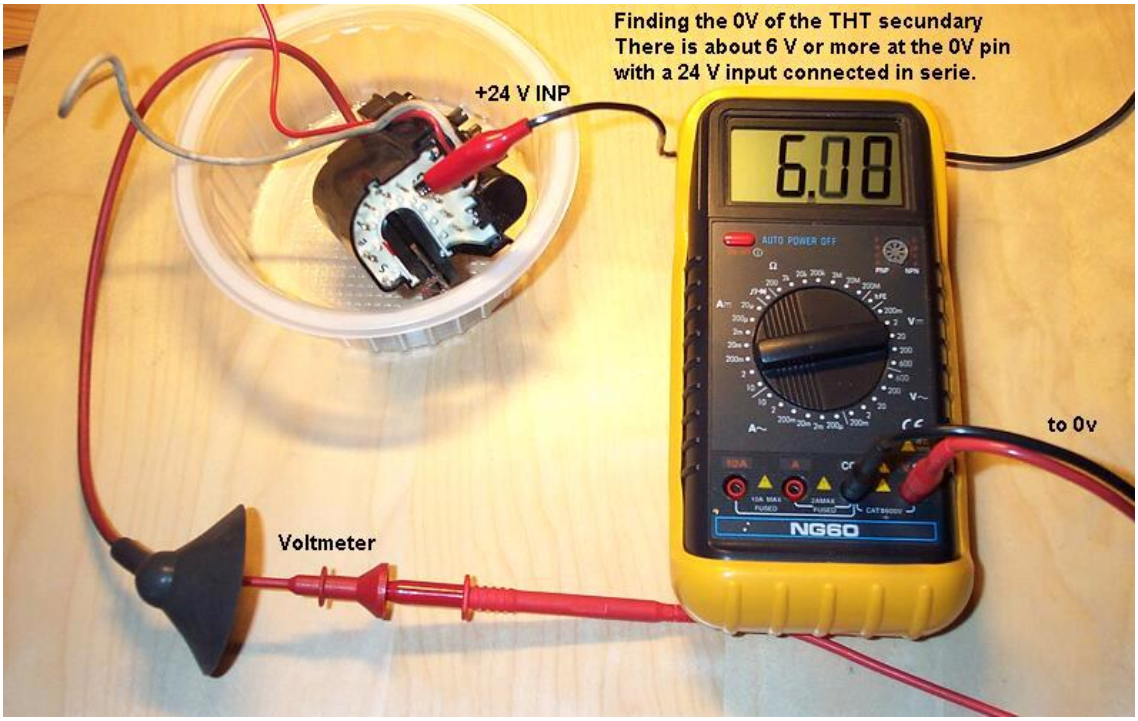
چگونگی پیدا کردن اتصال پین 0 V سیم‌پیچی ثانویه: با استفاده از یک اهم‌متر دیجیتالی شناسایی pinout سیم‌پیچی ثانویه امکان‌پذیر است، چرا که این سیم‌پیچی دارای مقاومت بسیار بالایی است. خروجی اصلی HV جهت شناسایی

بسیار ساده است، چرا که یک کابل قرمز رنگ بزرگ است، اما شناسایی پین 0 V سیم‌پیچی ثانویه ترانسفورمر فلای‌بک الزامی است.

الف. ابتدا وجود یک منبع توان 24 V DC و یک ولتمتر دیجیتالی تنظیم شده در رنج 20 V الزامی است. همانند شکل (30) ورودی مثبت (+) ولتمتر را به فیش خروجی THT و ورودی منفی (-) را به منبع توان 0 V وصل کنید. سپس با استفاده از خروجی 24V+ منبع توان هر یک از پین‌های ترانسفورمر فلای‌بک را تست کنید. هنگامیکه ولتمتر ولتاژ بین 5 تا 10 V را نشان می‌دهد، پین 0 V سیم‌پیچی ثانویه ترانسفور شناسایی شده است. نمونه‌ای از این اندازه‌گیری در شکل (31) نشان داده شده است.

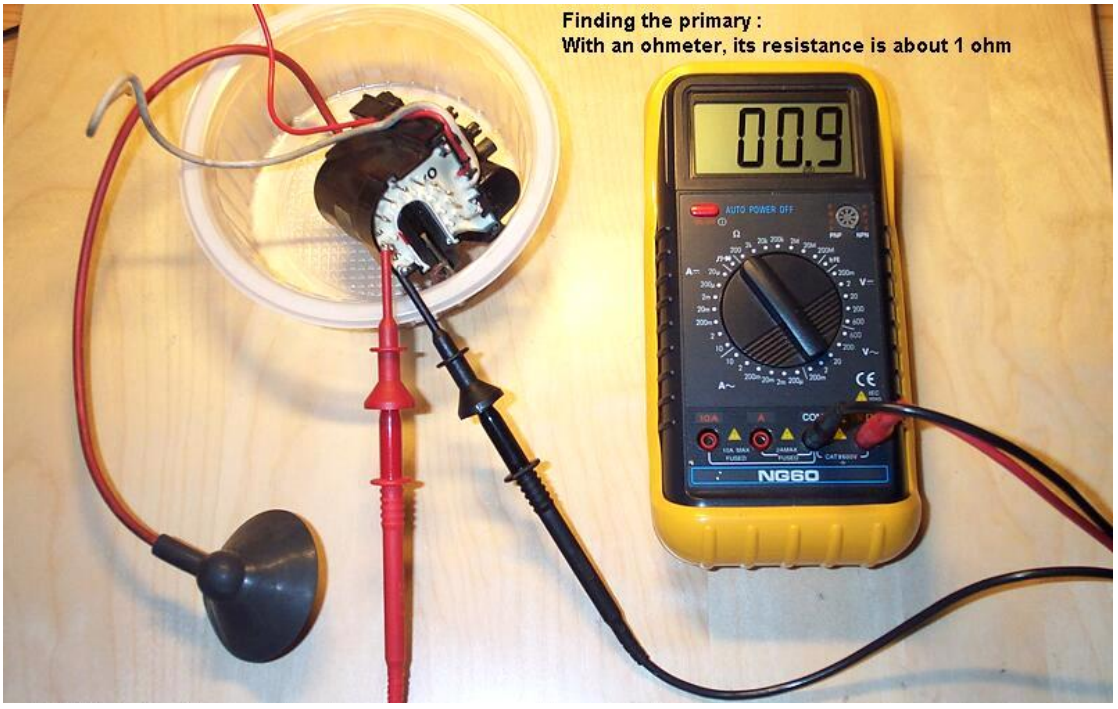


شکل (30). متد شناسایی پین 0 V سیم‌پیچی ثانویه ترانسفورمر فلای‌بک (پین 8)

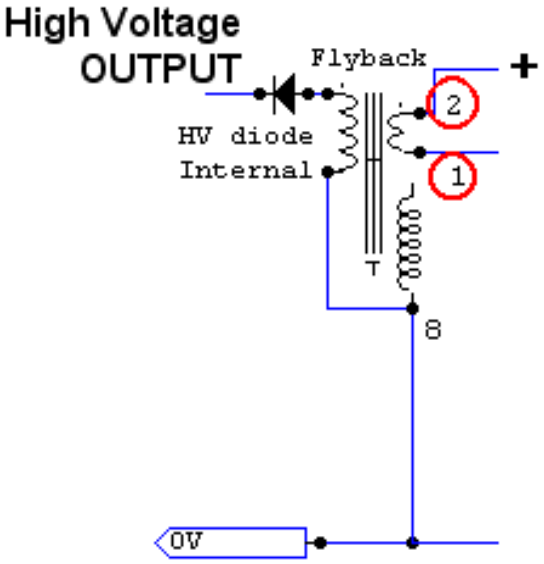


شکل (31). نمونه‌ای از اندازه‌گیری جهت شناسایی پین 0 V سیم‌پیچی ثانویه ترانسفورمر فلای‌بک (پین 8)

چگونگی پیدا کردن محل پین‌های سیم‌پیچی اولیه: با استفاده از یک اهم‌متر ساده شناسایی پین‌های سیم‌پیچی اولیه بسیار ساده است، چرا که مقاومت سیم‌پیچی در حدود یک اهم است که نمونه‌ای از این اندازه‌گیری در شکل (32) نشان داده شده است. شکل (33) دیاگرام مداری این متد را نشان می‌دهد.

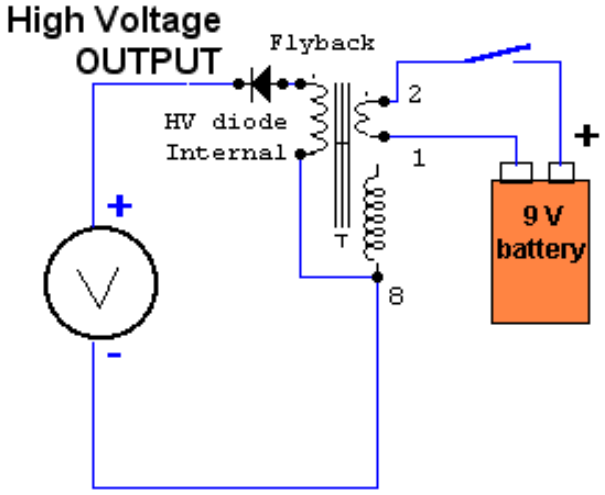


شکل (32). نمونه‌ای از اندازه‌گیری جهت شناسایی پین‌های سیم‌پیچی اولیه



شکل (33). متد شناسایی پین‌های سیم‌پیچی اولیه ترانسفورمر فلای‌بک

چگونگی شناسایی پلاریته سیم‌پیچی اولیه: جهت این کار نیاز به یک باطری 9 V است. همانند شکل (34) ولتمتر دیجیتالی را که در 100 V تنظیم شده بین خروجی THT و پین 0 V وصل کنید. با ااستفاده از باطری 9 V یک پالس کوتاه روی ورودی اولیه ارسال کنید، ولتاژ ضربه را اندازه‌گیری کنید، سپس پلاریته باطری 9 V را معکوس کنید. هنگامی که ماکزیمم ولتاژ (ولتاژ ضربه در حدود 30 V) را داشته باشید، شناسایی پلاریته سیم‌پیچی اولیه به درستی انجام گرفته است. در این حالت پلاریته مثبت (+) پین شماره 2 بوده و پلاریته منفی (-) پین شماره 1 می باشد.

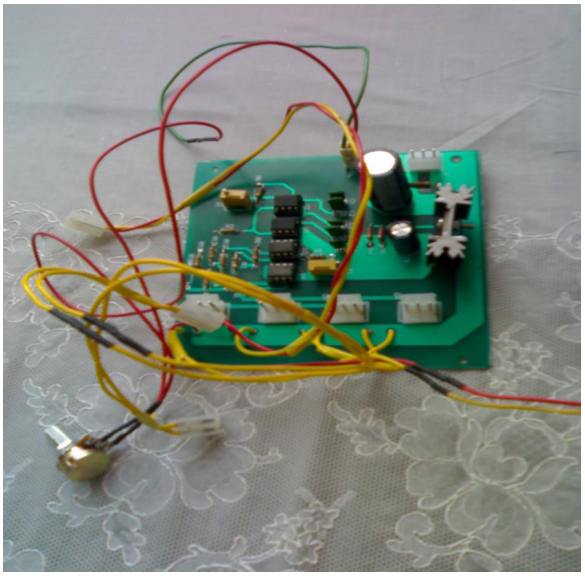


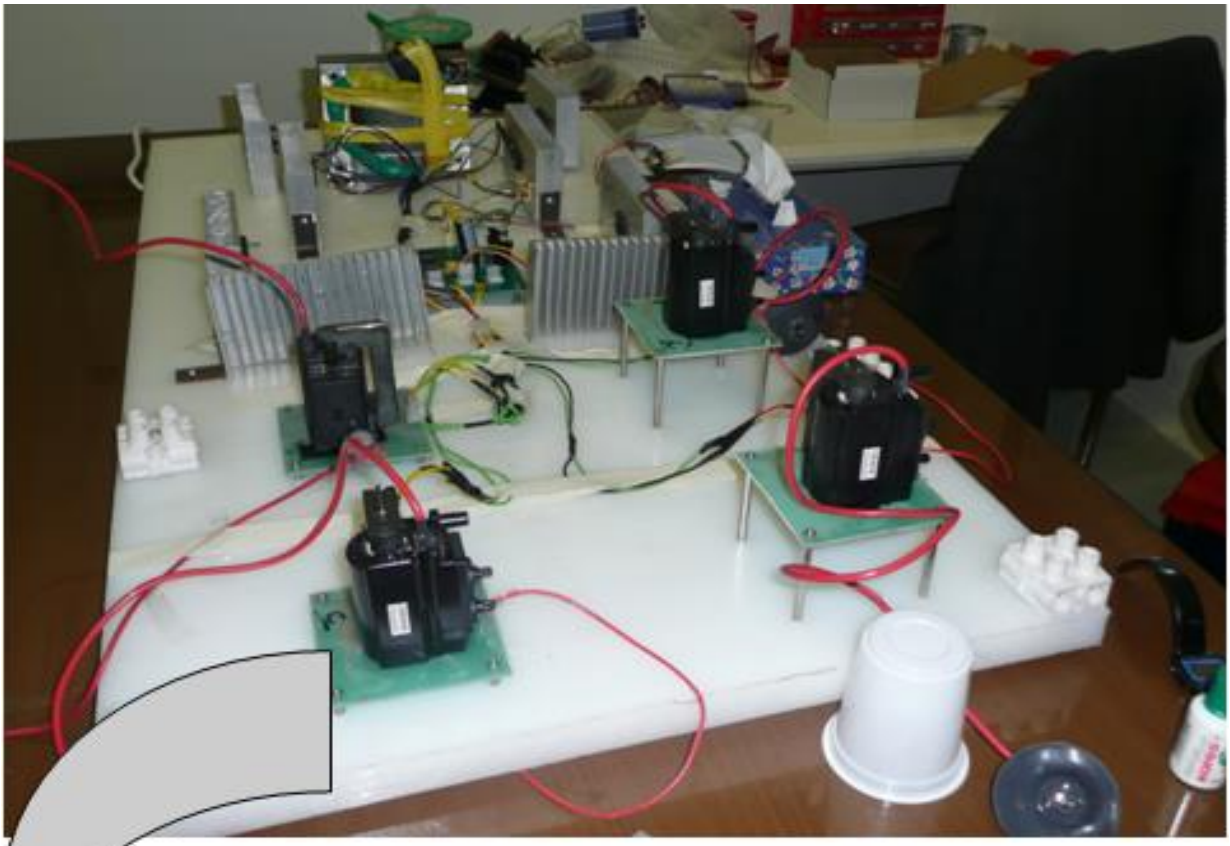
شکل (34). متد شناسایی پلاریته پین‌های سیم‌پیچی اولیه ترانسفورمر فلای‌بک

دراین قسمت ما مدار کاملا تست شده و مورد تائیدی را که چندین بار در کشور عزیزمان برای کاربردهای آزمایشگاهی مختلف ساخته شده با ذکر مشخصات و ابعاد دقیق خدمتتان عرضه می کنیم تا هم بر دانش ساخت منابع تامین ولتاژ بالا بیافزاییم و هم بتوانید با صحت و اطمینان بیشتری در این راه گام بردارید :

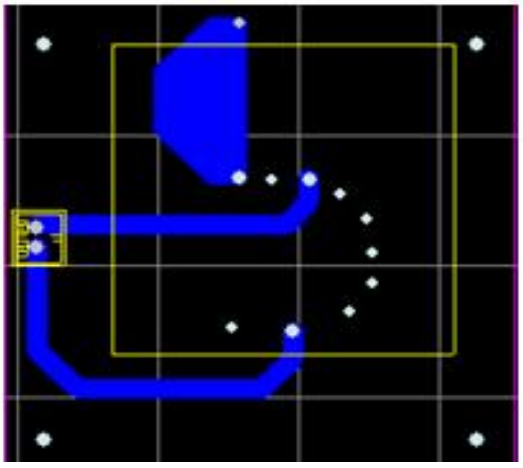
این های ولتاژ در دو شکل ساده ابتدایی و بعد در شکل تکمیلتر بصورت جند ثانویه (یعنی دارای چهار خروجی ثانویه) ساخته شده است . یعنی مداری که دارای چهار ترانس خروجی و با مجموع توان بالاتری است ارائه می گردد :

منابع تغذیه با یک خروجی ثانویه ولتاژ بالا در حدود 30 کیلو وات 2 میلی آمپر





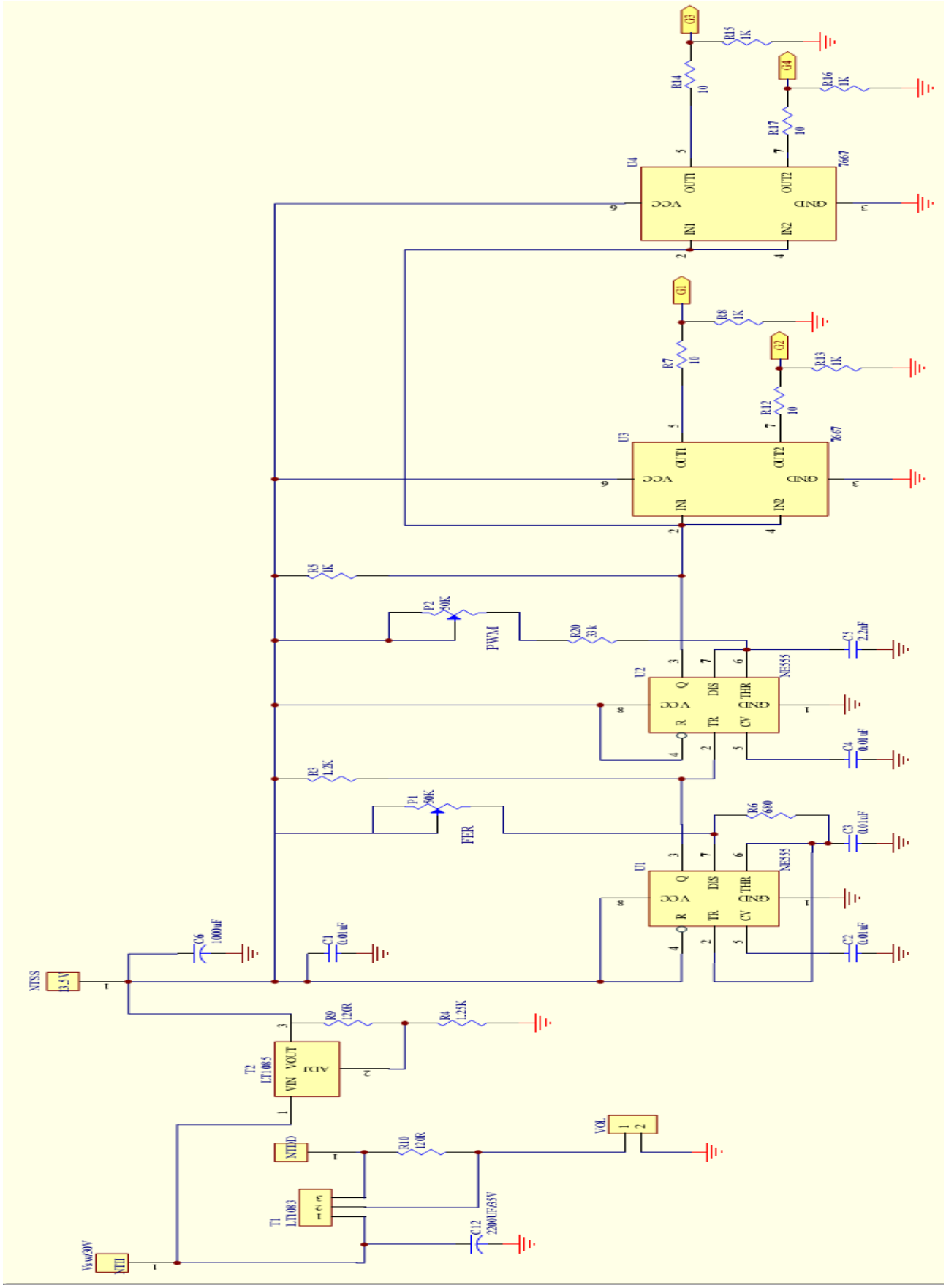
منبع تغذیه ولتاژ بالا با چهار خروجی 50 کیلو ولتی 8 میلی آمپری

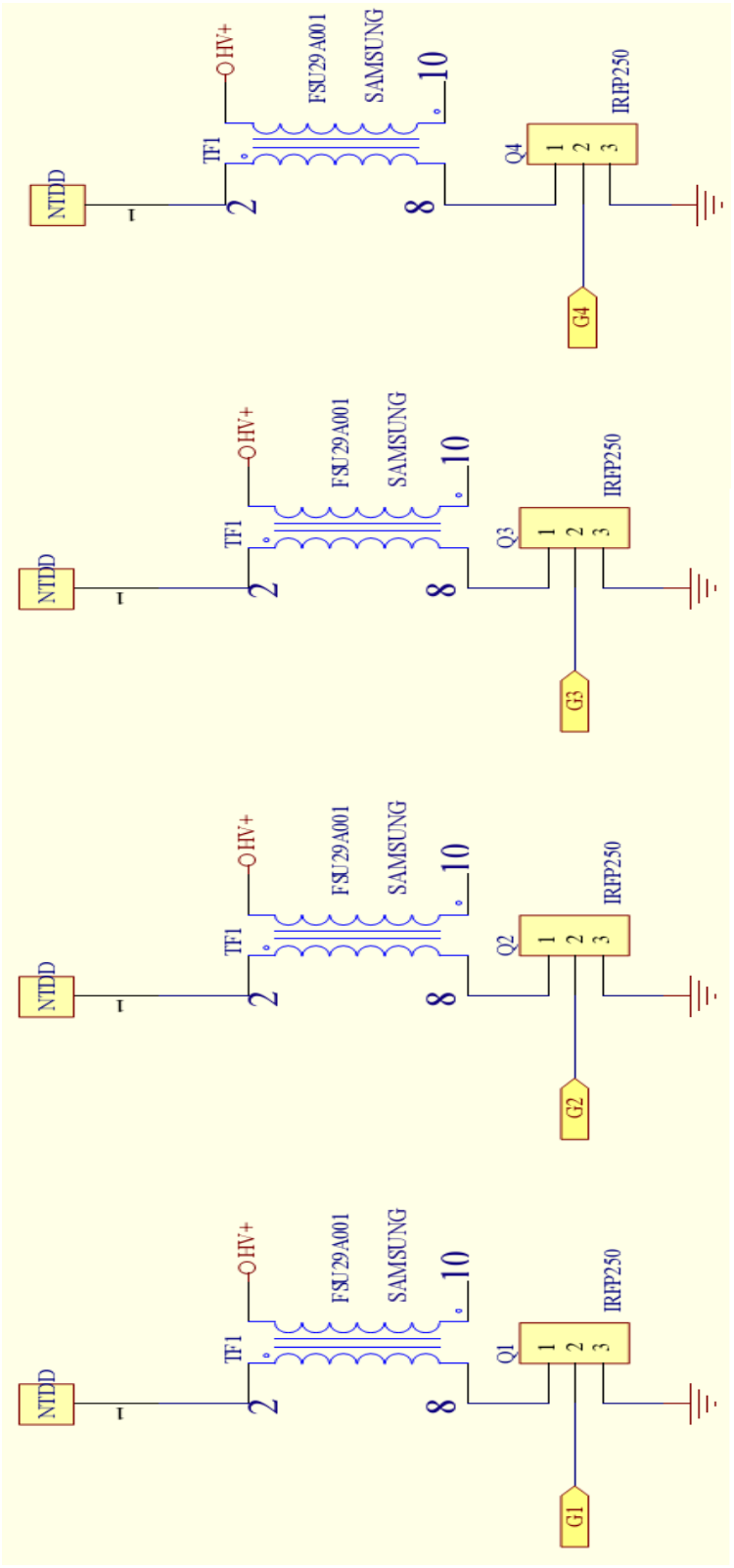


مدار مربوط به ترانسهای ثانویه که می بایستی 4 عدد ساخته شود این مدار یک لایه می باشد و ابعاد آن 9در9 سانتی متر می باشد.

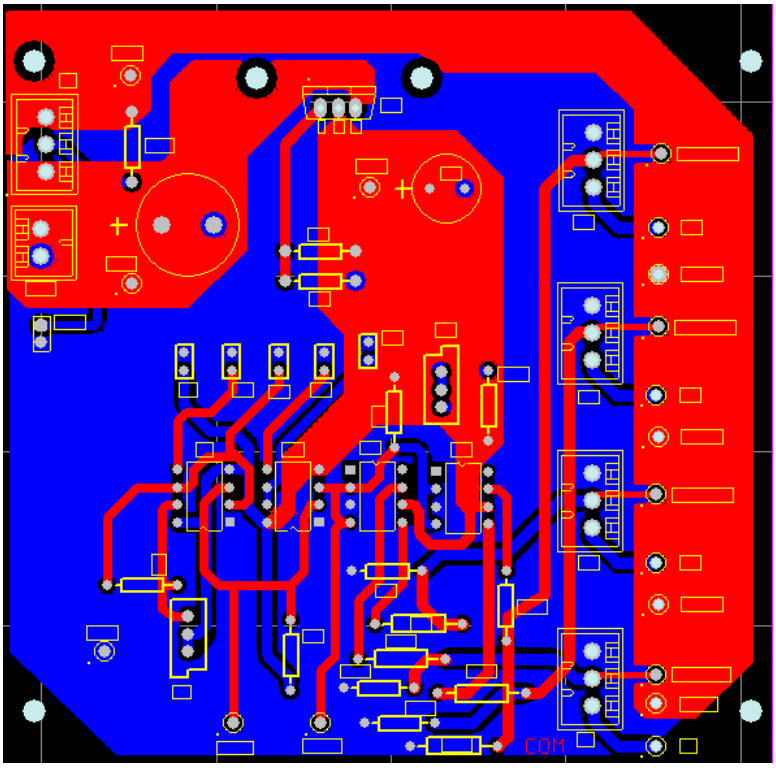
لیست قطعات مورد نیاز برای این بورد			
ترانس ولتاژ بالا	Transformer	TF۱	FSU۲۹A۰۰۱
کانکتور ۲ پین مناسب			

لیست قطعات مورد نیازبراي بورد فوق

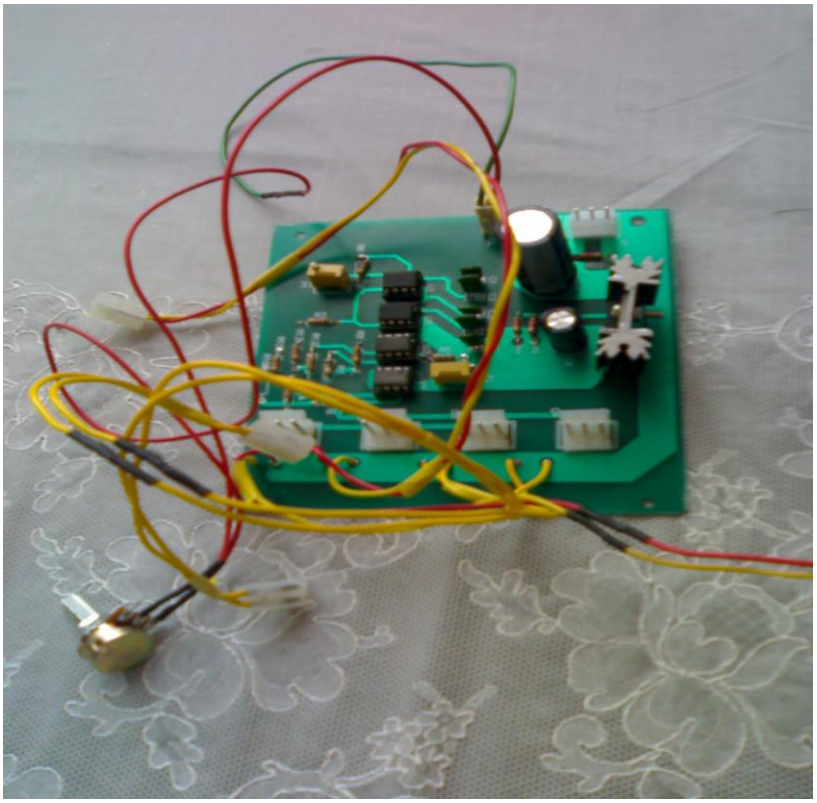

G3
R15 1K
R14 10
G4
R16 1K
R17 10
U4
7667
OUT1
OUT2
VCC
GND
IN1
IN2
G1
R8 1K
R7 10
G2
R13 1K
R12 10
U3
7667
R5 1K
P2 50K
PWM
R20 33k
C5 2.2uF
U2
NE555
Q
DIS
VCC
THR
R
GND
TR
CV
C4 0.01uF
R3 1.2K
P1 50K
FFR
R6 680
C3 0.01uF
U1
NE555
C6 1000uF
C1 0.01uF
C2 0.01uF
NTSS
3.5V
R9 120R
R4 1.25K
T2
LT1083
ADJ
VIN
VOUT
NTDD
R10 120R
VOL
T1
LT1083
C12 2200UF/25V
Vww200V
NTII



طرح شماتیک مدار

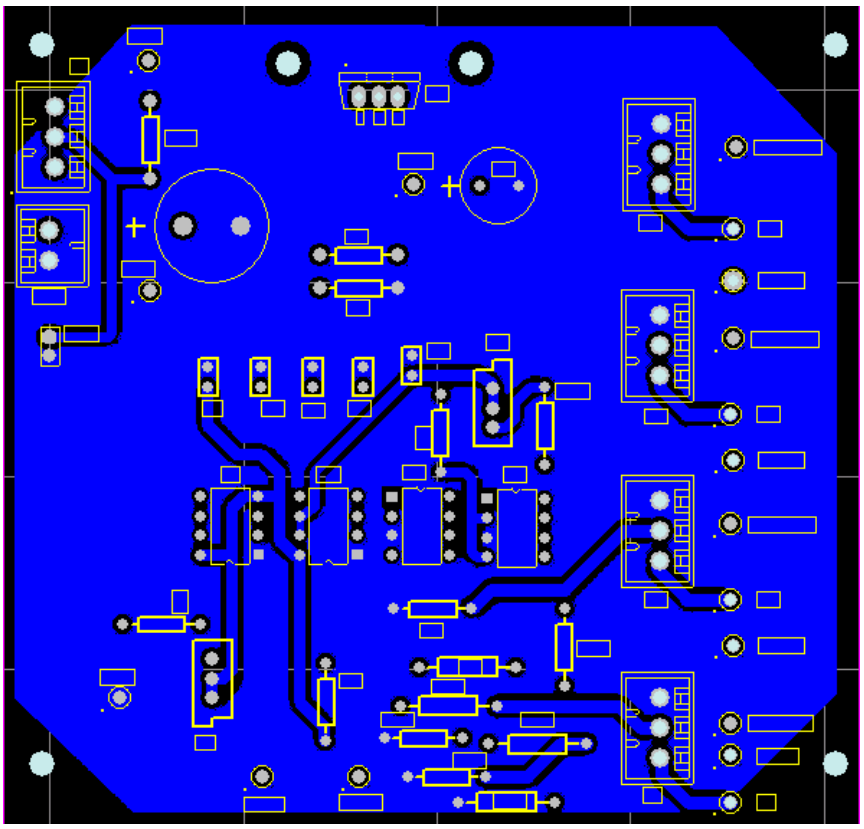


بورد اصلی (اوسیلاتور و ورودی ترانسهای ثانویه) این مدار دو لایه بوده و از نوع متالیزه (چاپ سبز) و قطعات فوق بر روی این مدار مونتاژ می گردند و ابعاد این بورد 11 در 11 سانتی متر می باشد و شما می توانید با توجه به دو لایه که بصورت جدا در صفحات بعدی آمده نسبت به ساخت این بورد در این اندازه به همین صورت ارائه شده اقدام نمائید.

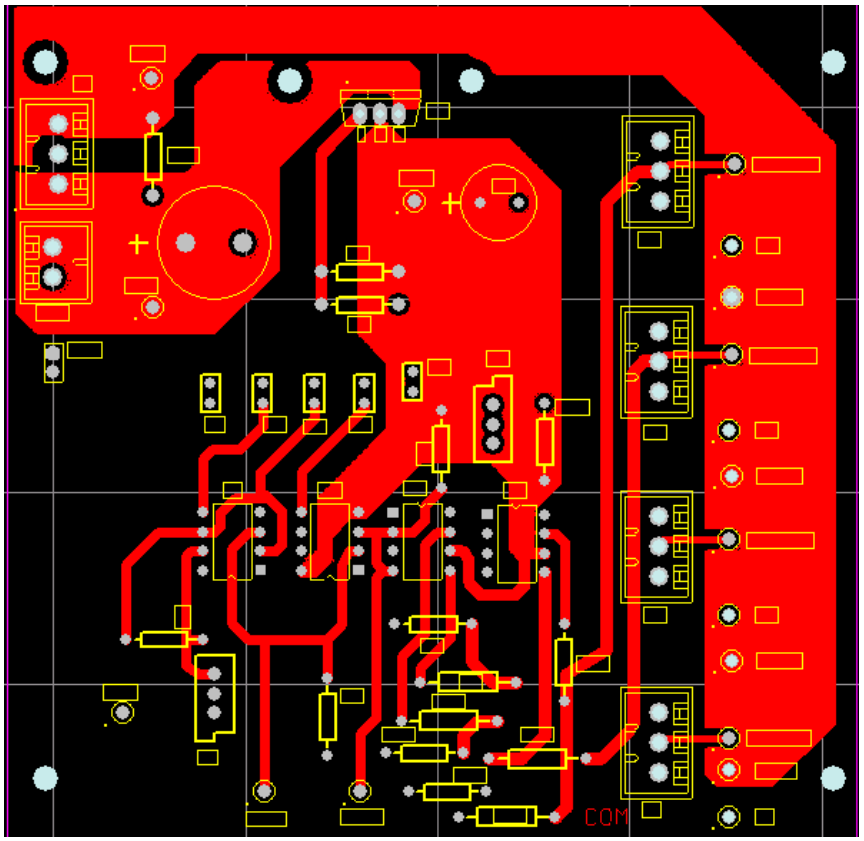


لیست قطعات مورد نیاز بورد اصلی		
تعداد	نوع قطعه	جایگاه در مدار
4	0.01uF or 10nF	C1 C2 C3 C4
1	1.2K	R3
1	1.2K	R4
4	1K	R8 R13 R15 R16
1	1K	R5
1	2.2nF كاغذي or 222k50 خازن عدسي	C5
1	5K VOLOME	VOL
4	10R	R7 R12 R14 R17
1	33k	R20
2	50K Potentiometer uk 64w 503 640 uk ازبالا ترجيحا	P1 P2
2	120R	R9 R10
1	680R	R6
1	1000Uf /25V Capacitor الكتروليت	C6
1	2200UF/50V Capacitor الكتروليت	C12
2	7667 IC	U3 U4 IC
4	FSU29A001 Transformer HV TV somesung	TF1
4	IRFP250	Q1 Q2 Q3 Q4
4	LT1083	T1 IC
1	LT1085	T2 IC
2	NE555	U1 U2 IC

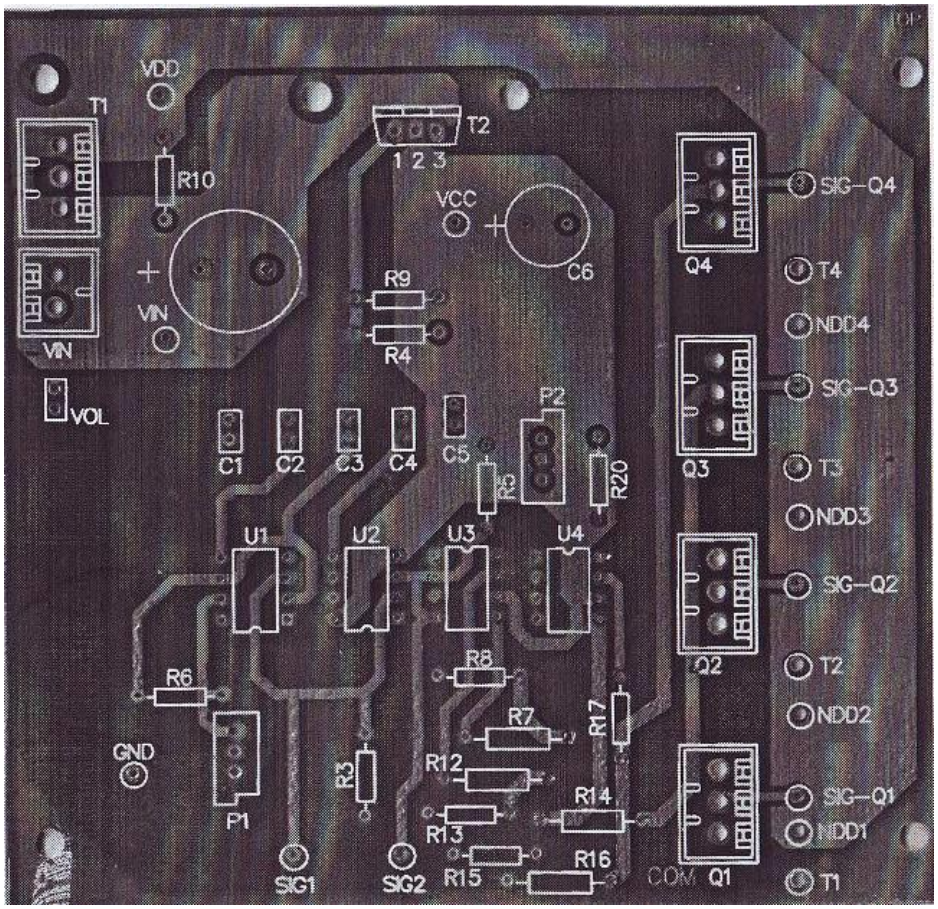
ليست قطعات اصلي مورد نيازبراي بورد اصلي و چهار بورد ترانسهاي ولتاژ بالا كه در فوق آمده است

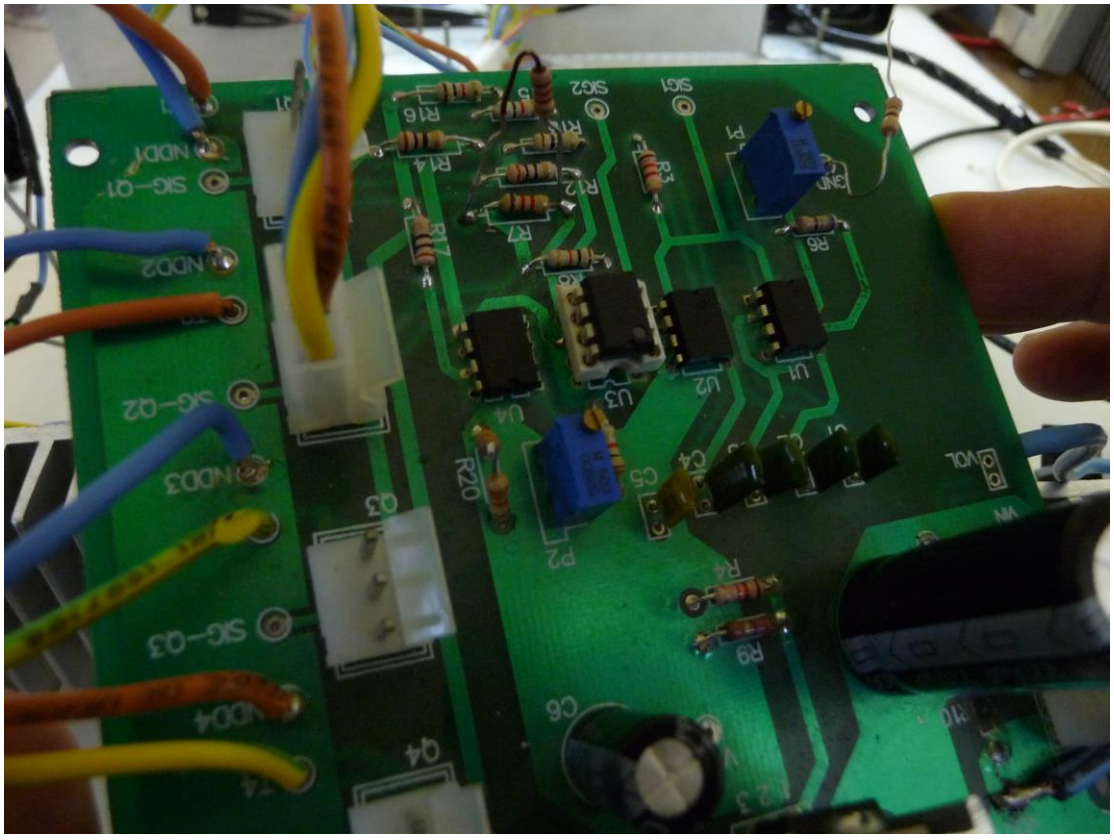


بورد پایین(BUTTON LAYER)



بورد بالایی (TOP LAYER)


VDD
T1
T2
1 2 3
R10
VCC
SIG-Q4
C6
Q4
T4
R9
VIN
NDD4
R4
VIN
VOL
SIG-Q3
P2
C1
C2
C3
C4
C5
R2
R20
Q3
T3
NDD3
U1
U2
U3
U4
SIG-Q2
R8
Q2
T2
R6
R7
R17
NDD2
GND
R12
R3
SIG-Q1
R14
P1
R13
NDD1
R16
SIG1
SIG2
R15
COM
Q1
T1



شرح مدار:

VIN در حدود 40 ولت dc ولتاژ خام مدارVDD 0 تا 30 ولت که ولتاژ ورودی قطعات آمپر بالا مثل ترانس ها و ترانزیستورها را می سازدکه خود توسط 4 آی سی LT1083 که چگونگی اتصال آنها بهم را توضیح خواهیم داد و برای متغیر کردن ولتاژ خروجی منبع تغذیه ولتاژ بالایمان کاربرد دارد را می سازد.

VCC که 13/5 ولت جهت تغذیه آی سی ها استفاده می شود و خود توسط LT1085 ساخته می شود.

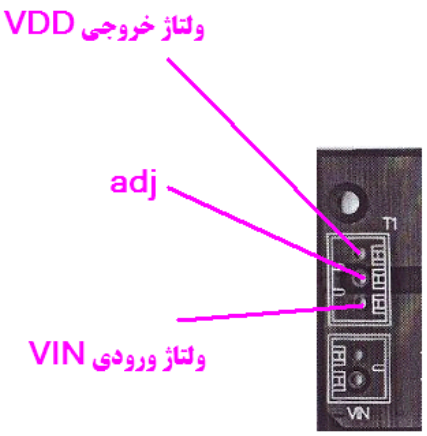
برای مونتاژ بورد ابتدا قطعات ریز مانند مقاومتها و خازنها را نصب می کنیم.خازنهای کاغذی و عدسی و پلی استر و پتانسیومتر مولتی ترن ها مثبت یا منفی ندارند و از هر طرف روی بورد قرار گیرند فرقی نمی کند و درست است و سپس سایر عناصر مدار (آنچیزی که روی بورد نصب می گردد). مانند پایه های 3 پین و 2 پین و مولتی ترن ها و خازنها و .....غیر از آی سی ها)

منبع ولتاژ ورودی مدار که به VIN وصل می شود می تواند یک منبع تغذیه 50 ولتی با آمپر حداقل 5 آمپری باشد که با یک بریج ریکتفایر DC شده و به VINوصل می گردد یا اینکه از یک ترانس حداقل 500 واتی با خروجی 30 ولتی استفاده شود که بعد از DCشدن ولتاژی معادل 40 ولت DCپیدا می کند که باید با اهمتر چک کرد و اندازه گرفت و یا اینکه از یک اتوترانس استفاده کرد و قسمت متغیر کردن ولتاژ ورودی را در مدار حذف نمود که متعاقبا توضیح داده شده است.

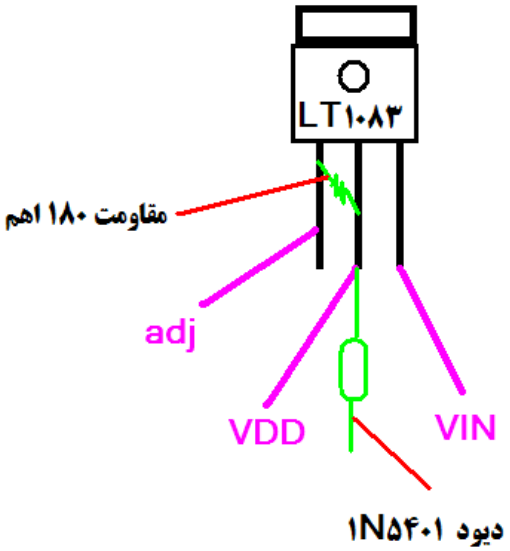
اولین مرحله براي تست مدار :

در این قسمت بورد اصلی چک میگردد لذا پایه های 2 پین و 3 پین آزاد هستند و به ترانزیستورهای IRFP250 و LT1083 وصل نخواهند بود. ولتاژ ورودی VIN را بعد از نصب قطعات در مدار اعمال کرده و تست پوینتها را آزمایش می کنیم. سیم منفی اهمتر را روی گراند GND مدار و سیم مثبت اهمتر را به VIN اتصال می دهیم ولتاژی حدود 28/6 dc نمایش داده می شود. همزمان که سیم منف اهمتر را به GND گراند متصل است سیم مثبت اهمتر را به VCC وصل می کنیم ولتاژی در حدود 13/5 ولت dc نمایش داده می شود.

کنار VIN بر روی بورد اصلی یک سه پایه بنام T1 وجود دارد. که به ترتیب



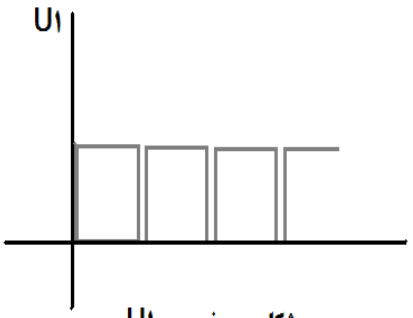
در صورت نبود آی سی LM117HVH قابلمه ای 4 عدد LT1083 CP به شکل زیر پایه های اول یعنی adj آنها را به هم وصل می کنیم . پایه وسط 1083 که VDD را به هم وصل کرده و یکی می کنیم و همینطور پایه سوم 1083 را با هم یکی کرده و به هم وصل می کنیم سپس هر پایه را طبق شکل فوق در جای خودش روی سه پین مادگی قرار می دهیم .این قسمت بمنظور متغیر کردن ولتاژ خروجی مدار تغذیه ولتاژ بالایمان طراحی شده است



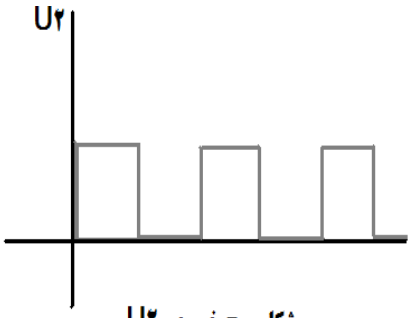
سپس ولوم 5 k را بوسیله سیم به قسمت VIN شکل فوق نصب می کنیم .(اتصال هر پین کناری ولوم و پین وسط ولوم به VIN ، جهت فرق نمی کند.

تست پوینت VDD را آزمایش می کنیم پایه منفی اهمتر را روی GND بورد و پایه مثبت را روی VDD قرار می دهیم و ولتاژی در حدود 1.5 ولت dc حدودا نشان می دهد. ولوم را آرام آرام می چرخانیم این رنج ولتاژ تا 5/ 28 ولت تغییر می کند که همان میزان ولتاژ ورودی مدار است.

آی سی LT1085 را که ولتاژ ورودی VCC آی سی ها را که 13/5 ولت است می سازد را در مدار نصب می کنیم . U1 و U2 آی سی های 555 هستند آی سی ها را در جایگاه خود در مدار با توجه به سوراخی که در محل قرار گرفتن آی سی تعبیه شده قرار می دهیم. بعضی از پایه های IC می بایستی از زیر بورد و بعضی از روی بورد باید لحیم گردد.(یادآوری ، بورد دو لایه است). سیمهای ترانس یا منبع ولتاژ ورودی خود را به VIN وصل کرده ، سیگنال پوینتهای Sign1 و Sign2 روی بورد را با اسیلوسکوپ چک می کنیم . منفی الکترود اسکوپ را بهGND و مثبت آن الکترود را به Sign1 و Sign2 وصل می کنیم به ترتیب شکل موجهای زیر نمایان می شوند. این شکل موجها مربوط به دو IC 555 می باشد.



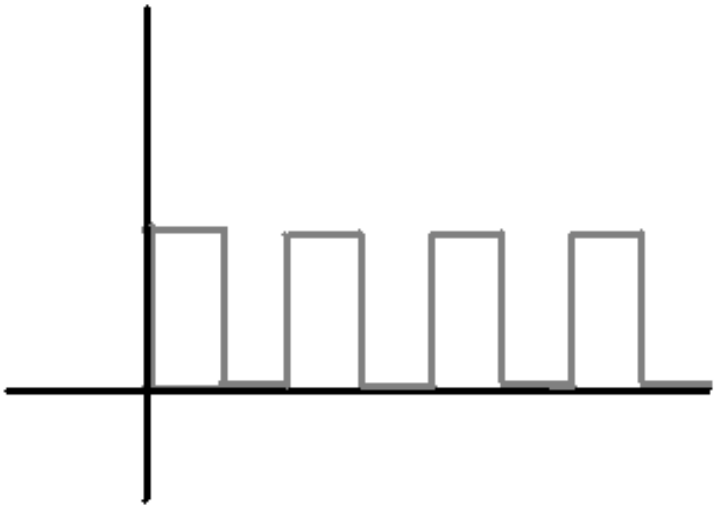
شکل موج خروجی U۱



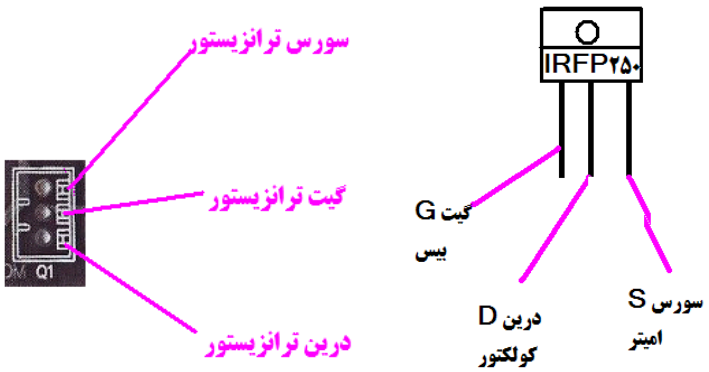
شکل موج خروجی U۲

اگر شکل موجها صفر یا خط ممتد یا مثلثی شکل بود نشان دهنده آن است که IC های 555 سوخته یا نیم سوز شده است و باید تعویض گردد لذا توصیه می کنیم که در هنگام نصب IC ها بر روی بورد از پایه IC استفاده کنید تا تعویض IC ها به دشواری انجام نگیرد.

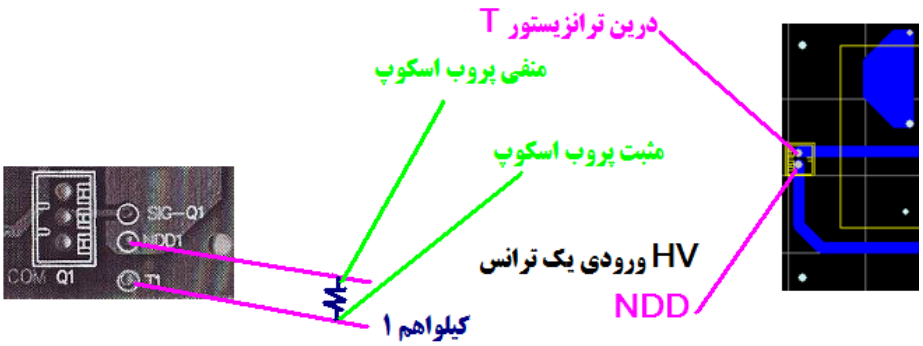
بعد از نصب دو 555 IC نوبت به دو 7667 IC می رسد که در جهت عکس دو 555 IC می بایستی روی بورد نصب گردند. با نصب این دو IC برق ورودی ترانزیستورهای ترانسهای HVFSU29A001 فعال می گردد. لذا با اسکوپ سیگنالها را چک می کنیم. منفی الکترود اسکوپ را روی GNDو مثبت آن را روی SIG1-Q1 تا SIG4-Q4 قرار می دهیم .شکل موج آنها بصورت زیر نمایان می گردد :

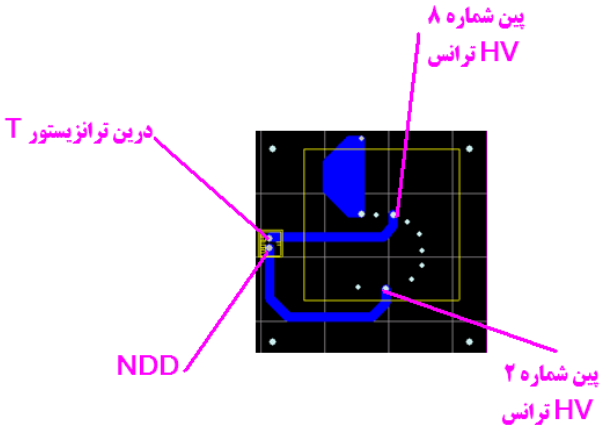


نوبت به نصب ترانزیستورهای IRFP250 است .



در این قسمت از NDDها و T ها زوج سیمی بیرون آورده و به مدار ترانسهای HV اتصال می دهیم مطابق شکل بهتر است از فیشهای دو پایه نر و مادگی در این اتصالات استفاده شود. به ترتیب شماره ها هر کدام از 4 ترانس بورد اول را به ترتیب شماره های NDD و T به آنها طبق شکل زیر وصل می کنیم . برای تست خروجی NDD و T ها می توان یک مقاومت 1kرا به هر کدام متصل کرد و با اسکوپ شکل موج را دید باید همان شکل موج IC را بدهد اگر داد خروجی درست است و می توانید به ترانسها وصل نمایید.





و تنظیم آخر اینکه فرکانس مدار می بایستی روی 3/57 کیلوهرتز تنظیم شود ، برای اینکار خط عمودی اسکوپ مربوط به ولتاژ است. خط افقی اسکوپ مربوط به زمان سیگنال است . از آنجایی که داریم :

=1/(0/28)ms = 3/57 khz F=1/T

مشخصات اسکوپ :

Volt/div=5 v & time/div=50 ms

زمان روشن بودن باید روی 0/084 (این عدد ممکن است درست نباشد یک کار تحقیقی است لطفا این عدد را خود شما پیدا کنید) ثانیه تنظیم گردد. با پتانسیومتر P1 ، T پریود را روی 280 میلی ثانیه تنظیم می کنیم ، سپس با پتانسیومتر P2 زمان روشن بودن Ton=84 ms تنظیم می کنیم تا سیگنال لازم برای NDD ترانزیستور ها ساخته شود و ترانزیستورهای بایپولار بتوانند با ترانسهای Hv سوئیچ کنند. این تنظیمات آخر برای این است که بهترین راندمان خروجی از ترانسهای HV را داشته باشیم یعنی ماگزیمم ولتاژ ثانویه.نکته اگر ما

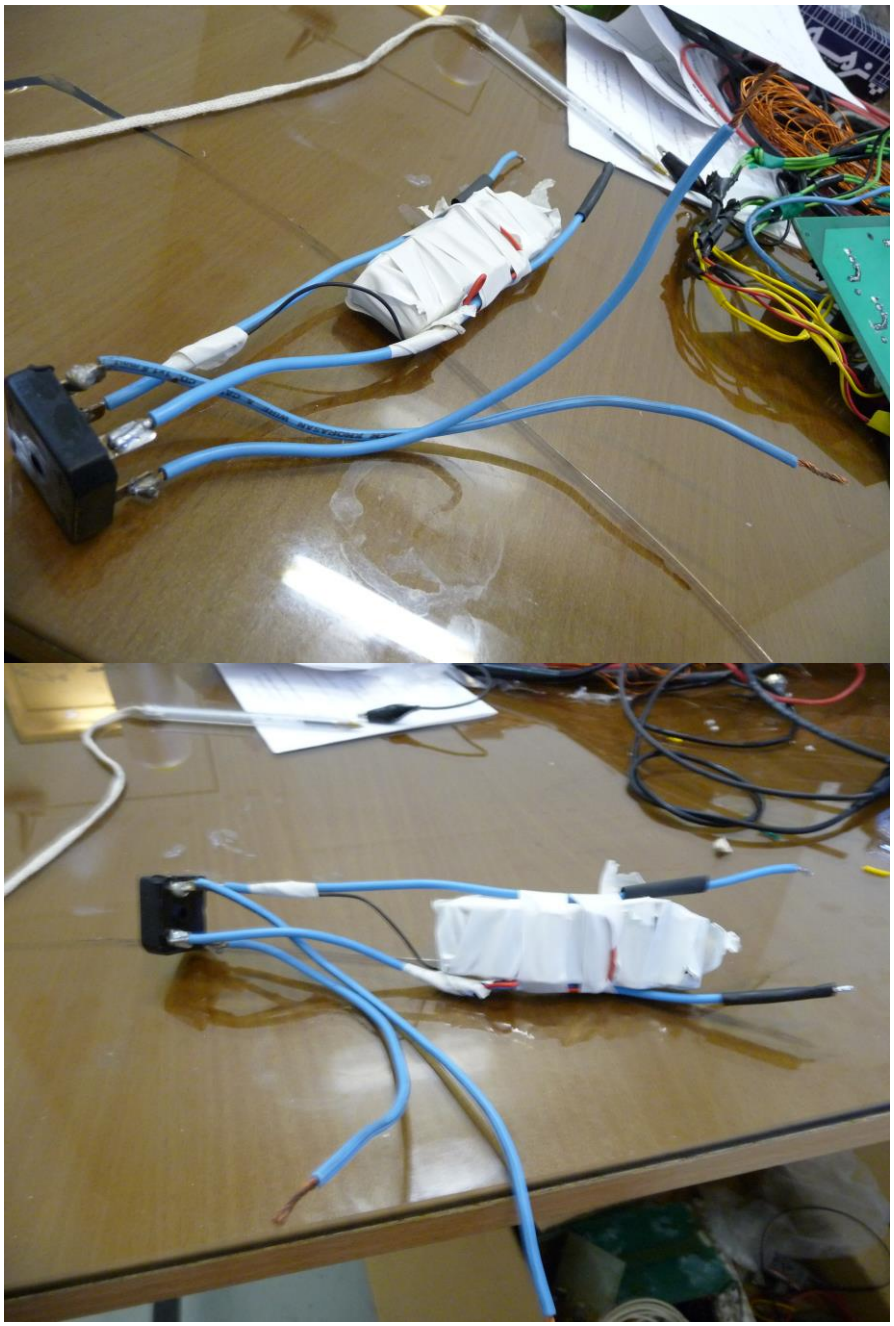
بخواهیم مدار منبع تغذیه ولتاژ بالایمان ، ماکزیمم خروجی را همواره در ثانویه داشته باشد یعنی ثابت بوده و متغیر نباشد کافی است آی سی های LT1083 یا LM117HVH را از مدار خارج کرده و VIN و VDD را به هم متصل نماییم . در اینصورت ولوم نیز از کار خواهد افتاد و همواره ماکزیمم ولتاژ خروجی را در ثانویه خواهیم داشت که بخاطر اثر خطرات ولتاژ بالا در ورود اولیه به عناصر مدار امکان سوختگی قسمتی از قطعات مدار وجود خواهد داشت که توصیه نمی شود.

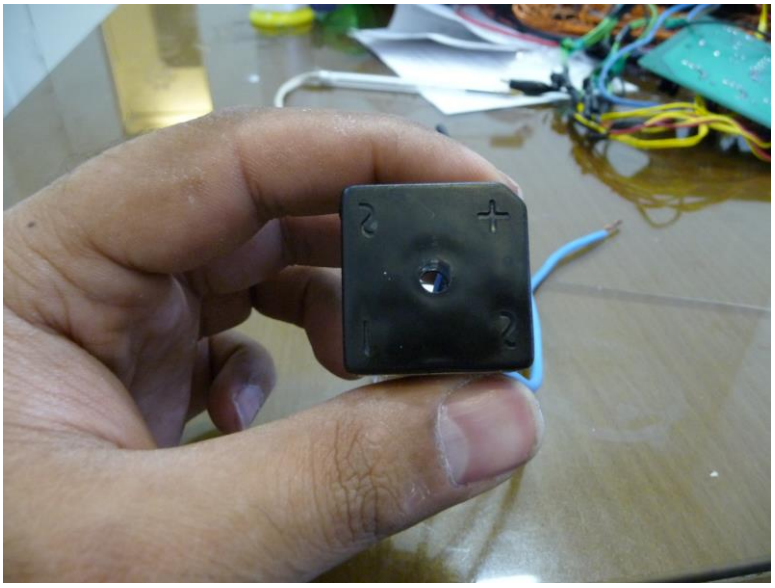
مراحل مونتاژ این منبع تغذیه با استفاده از اتوترانس بعنوان ورودی اولیه مدار

ما در این مدار بعنوان ولتاژ ورودی اولیه از یک اتوترانس 10 آمپری با توان 3KVA یا 3KW استفاده می کنیم . با استفاده از اتوترانس بعنوان ورودی مدار تغذیه ولتاژ بالا ، چون خود اتوترانس متغیر بوده و خروجی آن را می توان تغییر داد دیگر نیازی به تغییر ولتاژ ورودی اتوترانس در مدار نمی باشد لذا کافی است آی سی های LT1083 یا LM117HVH را از مدار خارج کرده و VIN و VDD را به هم متصل نماییم . باید مراقب باشیم در هنگام تست از اتوترانس تا 20 ولت بیشتر بعنوان ورودی مدار تغذیه داده نشود زیرا 20 ولت AC معادل 30 ولت DC است و این ولتاژ با استفاده از اتوترانس بعنوان ورودی ولتاژ اولیه برای مدار ما کافی می باشد.

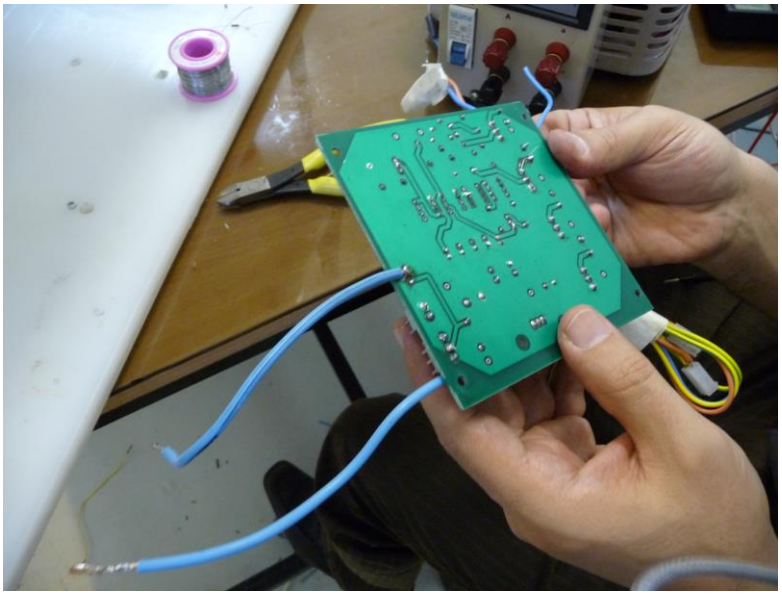
شش عدد خازن 1000 میکرو فاراد 50 ولتی یا 63 ولت را با هم موازی کرده و به یک پل دیود خوب برای مثال16 یا 32 آمپری خوب لحیم کرده و بصورت زیر ولتاژ خروجی اتوترانس را dc می کنیم . (پایه های منفی خازنها را به هم وصل و به پایه منفی بریج ریکتیفایر وصل و پایه های مثبت خازنها را به هم وصل و به پایه مثبت بریج ریکتیفایر وصل مطابق شکل زیر وصل می کنیم و خروجی اتوترانس را به

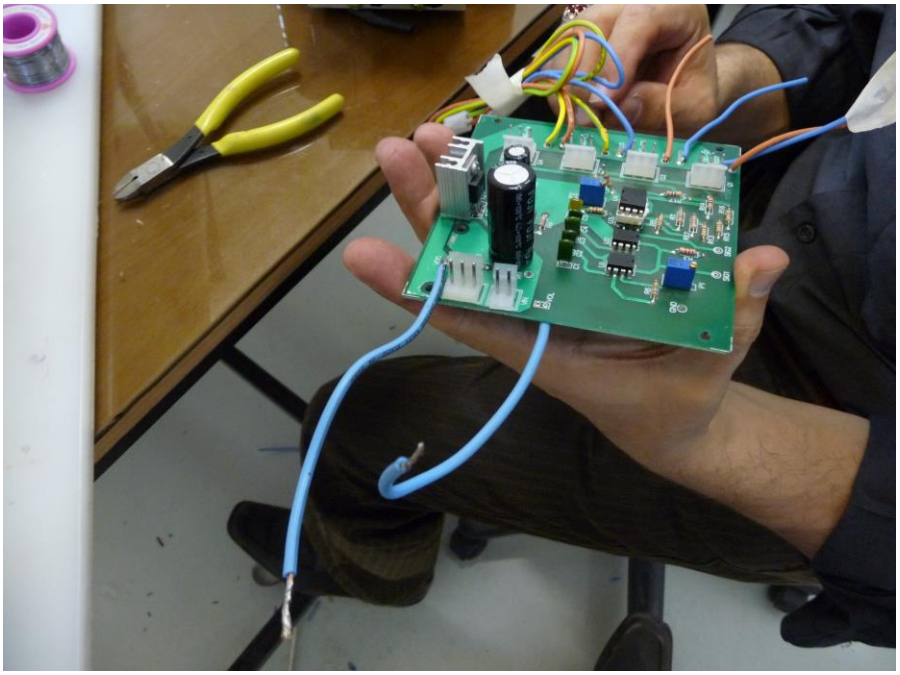
دو پایه دیگر بریج ریکتفایر که بعنوان ورودی هستند وصل کرده و ورودی اتوترانس را به برق شهر وصل می کنیم و از انتهای خازنها که به مثبت و منفی بریج وصل هستند دو سیم جهت ورودی مدار بیرون می آوریم.



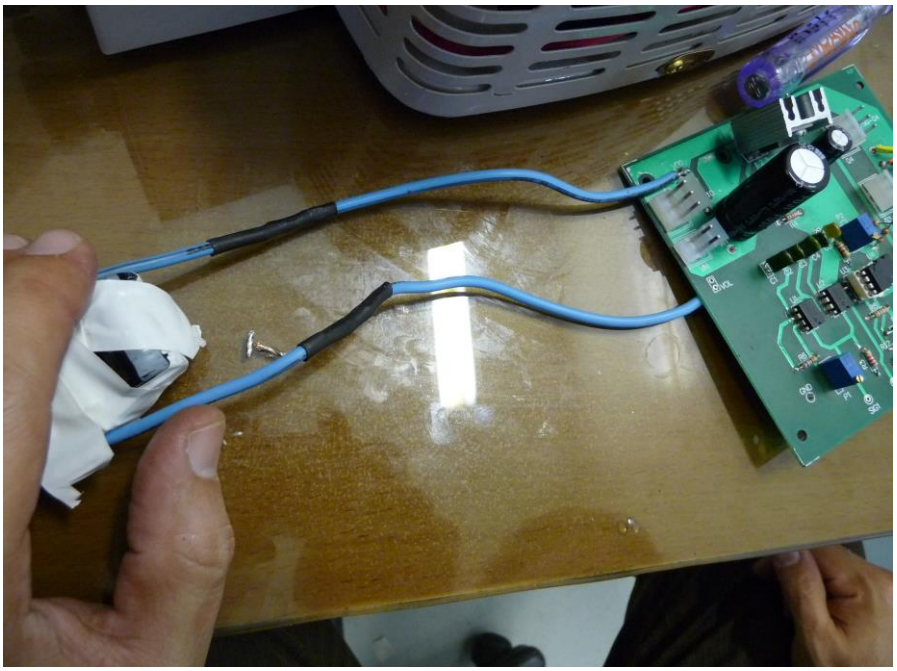


در بورد اصلی منفی مدار و VDDرا مشخص نموده و سیم مناسبی که توان حمل جریانی در حدود چند آمپر را داشته باشد لحیم کرده و از بورد خارج می کنیم و پایه های مثبت خازنها را به VDD و منفی خازنها را به منفی مدار وصل می کنیم.

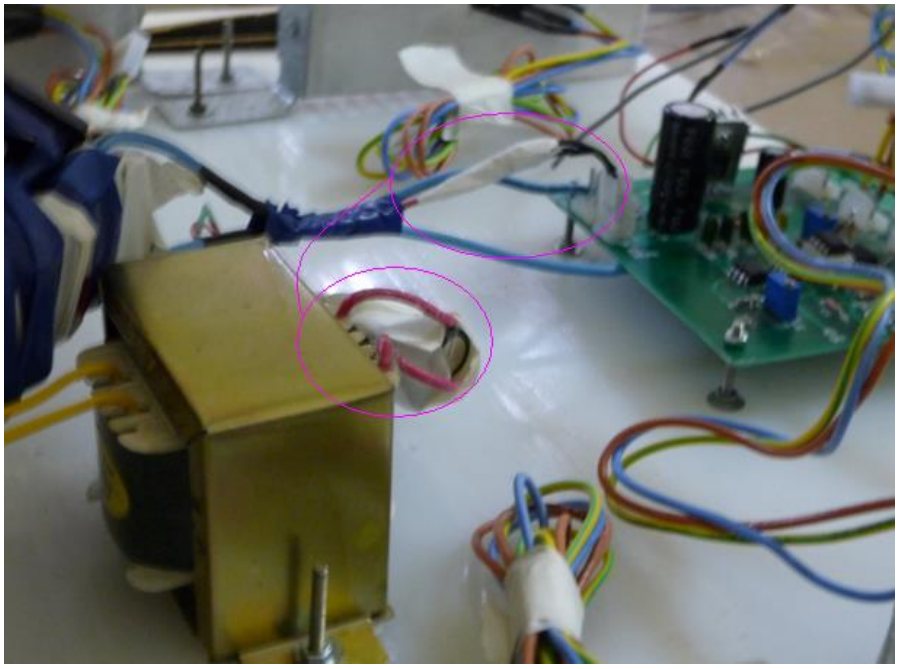




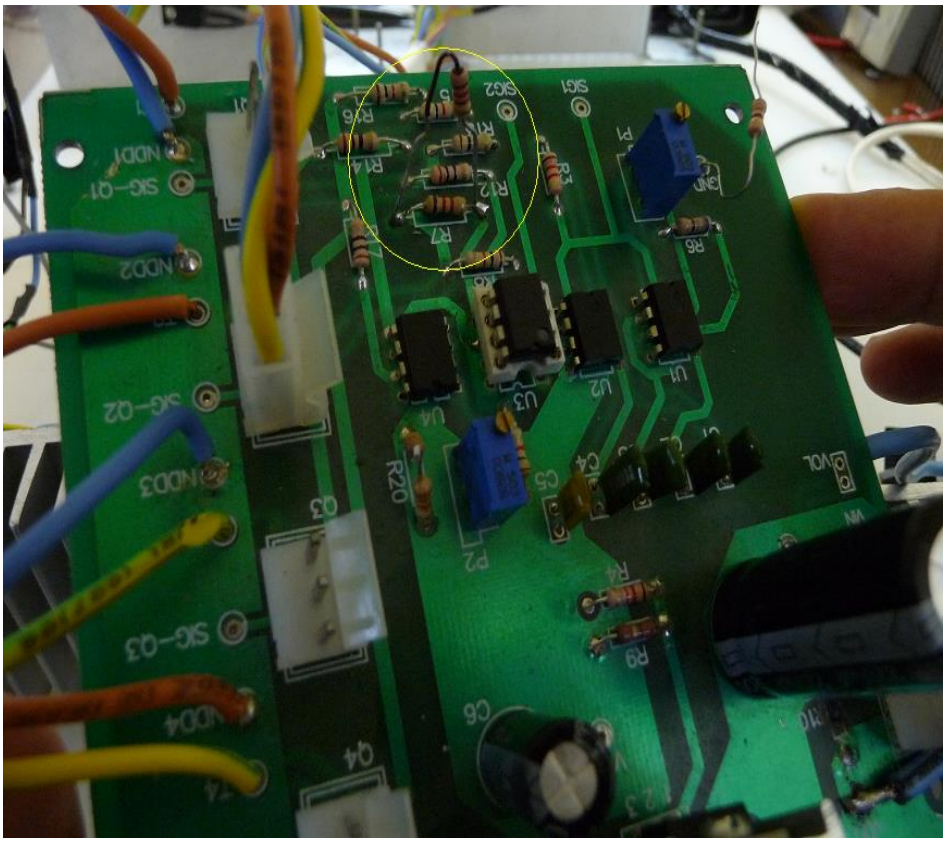
اتصال خروجی پل دیود(خازنها) به ورودی مدار اصلی



سپس ترانس دیگری آماده می کنیم در حدود 12 ولت ac که بعد از تبدیل کردن آن به Dc بوسیله پل دیود از آن برای تغذیه قسمت اوسیلاتور یعنی ورودی آی سی ها و ...در مدار استفاده می کنیم یا بطور خلاصه خروجی ترانس فوق را به VIN وصل می کنیم . همانطور که در بالا توضیح داده شد VCC برق مربوط به آی سی ها و اوسیلاتور است که با وجود آی سیLT1085 ساخته می شد و در مدار مورد استفاده قرار می گرفت .

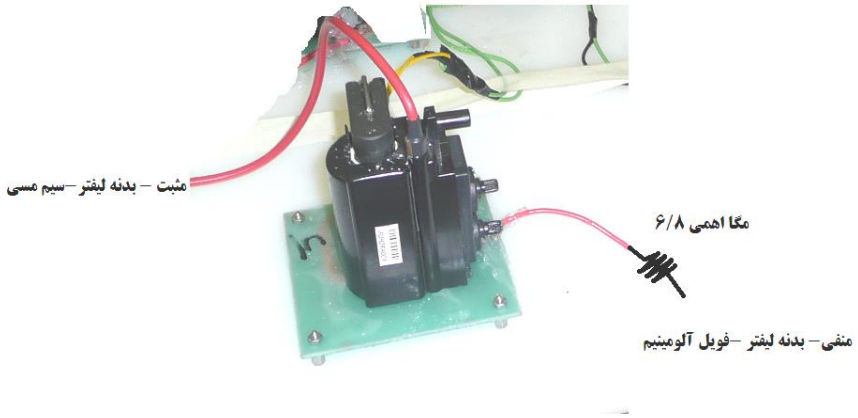


در بورد اصلی مدار مقاومت R7 به یک مقاومت 1/2 کیلو اهمی تبدیل شده و بعد یک مقاومت 120 اهمی روی همان بصورت شکل زیر قرار می دهیم تا جریان داخل مدار کنترل شود و عرض پالس کمی کاهش یابد.



خروجی مدار اصلی را به بورد ترانسهای ولتاژ بالا که قبلا آماده کرده ایم وصل می کنیم و خروجی آنها را به بعنوان خروجی اصلی در نظر می گیریم با بالابردن ولتاژ ورودی اتوترانسمان حداکثر تا 20 ولت خروجی های ولتاژ افزایش می یابد. لازم به ذکر است جهت حفاظت و

جلوگیری از جریان کشی اضافی در استفاده از این منابع ولتاژ بالا کافی است از یک مقاومت 6/8 مگا اهمی در انتهای سیم منفی ترانس ولتاژ بالا استفاده کرد به شکلهای زیر توجه فرمائید :



و به این صورت مانع از سوختن ترانس در جریان کشی های بیش از اندازه شوید سعی کنید چهار تا ترانس از هم فاصله خوبی داشته باشد تا به دلیل یونیزه شدن هوا باعث آرک زدن بین هم دیگر نشده که در این صورت ممکن است ترانسها بسوزند و یادمان باشد زیر بوردها جایی که لحیم کاری انجام می شود خوب است از عایق خیس استفاده شود.

تستهاي تعريف شده منبع تغذيه ولتاژ بالاي ساخته شده

در تست منبع تغذیه ولتاژ بالا ، یکی از موارد لازم و ضروری ، اندازه گیری دقیق مقادیر ولتاژ و جریان می باشد. این کار با توجه به رعایت کامل حفاظت و ایمنی شخص و خود تجهیزات صورت می گیرد ، بنحوی که خطر اضافه ولتاژ و نیز هرگونه ولتاژ القایی وجود نداشته باشد. بنابراین طراحی و محل قرار گرفتن قطعات و عناصر الکترونیکی از اهمیت ویژه ای برخوردار است . از سوی دیگر افزایش خطی محدوده قرائت وسایل و ابزار اندازه گیری فشار قوی نتیجه صحیحی نداشته و بایستی آنها را در هر یک از محدوده ها تنظیم و کالیبره کرد. تداخل الکترومغناطیسی نیز از مسائل مهم و جدی در اندازه گیری ولتاژ و جریان ضربه بوده که حتی الامکان باید آنها را از بین برد و یا اینکه به حداقل رساند.. لذا علارغم مشابه بودن ، وسایل و تجهیزات اندازه گیری فشار قوی را می توان بصورت زیر دسته بندی کرد :

- میکرو آمپر متر با مقاومت سری
- مقسم پتانسیل مقاومتی

- ولتمترهای تولیدی
- ولتمتر اندازه گیر مقدار پیک ولتاژ

اندازه گیری ولتاژ DC (ولتاژ بالا) همانند اندازه گیری ولتاژ های کم با توسعه محدوده قرائت آمپرمتر توسط یک مقاومت سری صورت می گیرد. جریان خالصی که از آمپر متر می گذرد ، معمولاً تا میزان 1 الی 10 میکروآمپر محدود می شود (برای انحراف کامل عقربه) . برای ولتاژ های خیلی بالا مثلا 30 کیلو ولت یا بیشتر مسائلی مانند اتلاف توان زیاد، جریان نشتی، محدودیت استقامت الکتریکی و نیز تغییر مقاومت بر اثر دما و ... بوجود می آید. از این رو برای برخورداری از دقت بیشتر در اندازه گیری، بهتر است دراینگونه موارد از یک مقسم پتانسیل مقاومتی با ولتمتر الکترواستاتیکی سود جست. لیکن این وسیله اندازه گیری نیز کاملا عاری از مسائل فوق الذکر نیم باشد.هر یک از وسیله های مذکور یعنی آمپرمتر با مقاومت سری و مقسم پتانسیل مقاومتی، از منبع جریان می کشد. ولتمترهای تولیدی، تجهیزاتی با امپدانس زیاد بوده و اثر بار گذاری برروی منبع ندارند. ایمنی بیشتر در کاربرد آنها بدلیل مجزا بودنشان از منبع و اتصال غیر مستقیم به خروجیهای منبع تغذیه ولتاژ بالا می باشد. استفاده از روش ایجاد جرقه در فاصله هوایی (آستانه تخلیه) نیز یکی دیگر از انواع وسایل اندازه گیری بشمار می آیند. این کار بر اساس تخلیه الکتریکی دی الکتریک می باشد. ساختمان آنها ساده بوده و قادرند اندازه گیری دقیقی از مقدار پیک ولتاژ را ارائه دهند. این اندازه گیری مستقل از شکل موج ولتاژ و فرکانس آن می باشدولی متأثر از شرایطی مانند دما، فشار، رطوبت و عواملی مانند نوع الکترودها که بر جریان الکتریکی گپها نیز تأثیر می گذارند، موجب خطا در اندازه گیری می گردد.

ايمني ولتاژ فشار قوي و برچسب هشدار:

ولتاژ فشار قوی ولتاژی است بالای 500 ولت و بصورت AC و DC . وقتی که شما یک خازن را برای ولتاژ فشار قوی می بندید خطرات آن چند بار زیادتر می شوند. در ادامه آزمایش کننده باید احتیاط بیشتری داشته باشد برای اجتناب از شوک های ناراحت کننده و احتمال مرگ در اثر برق . در اینجا راهنماییها ارائه شده است که هنگامی که کار کردن با ولتاژ فشار قوی باید از آنها پیروی کرد. به پروژه خود برپسب بزنید در چندین محل آن مثلاً «خطر ولتاژ فشار قوی» در جاهای مناسب، در اینجا برچسب هشدار نمایش داده شده است که شما می توانید از آن کپی کنید

Fig. A -- Curiosity can hurt more than just felines, so use this warning label on all your high voltage projects to protect the unwary from harm.

(ببنید شکل 35)

شکل 35-کنجکاوی می تواند بیش از صدمه زدن خطرناک باشد ، بنابراین از این اعلام خطر روی پروژه های ولتاژ بالای خود استفاده کنید تا از صدمه های احتمالی نگران نباشید.

بچه ها – حیوانات خانگی ، جستجو کننده های کنجکاو را از ولتاژ فوق دور نگه دارید و نگذارید به دستگاه نزدیک شوند سیم های سخت، سیم های مفتول ، ترمینالهای اتصالات ، نقطه تماس با ولتاز فشار قوی توسط بتونه و یک پوشش ساخته شده از پلاستیک تمیز و ضخیم را بپوشانید. کارکردن در یک محل خشک، کارکردن در یک کارگاه که دارای رطوبت می باشد باعث حادثه بدی می شود. کفش های لاستیکی یا کتانی استفاده کنید.

وسایلی مانند درهای فلزی – چارچوبها – مجراهای حرارتی – تهویه ها – رادیاتورها – وان ها و لوله های آب را دور از عوامل حامل ولتاژ فشار قوی نگه دارید.

همه ی این آیتم ها می توانند یک زمین (نول) کشنده باشند هنگامیکه بدن شما بین این مواد و ولتاژ فشار قوی قرار بگیرد.

همیشه هنگام کارکردن با ولتاژ فشار قوی اتصال آن را قطع کنید مگر اینکه برق زنده آن تست کنید و هنگامیکه با یک مدار زنده کار می کنید بیشترین هوشیاری و احتیاط را داشته باشید.

دستهایتان را در جیب تان قرار دهید. از یک انبر متصل به سیم های تست که تا دو برابر جریان فوق مجاز هستند استفاده کنید. استفاده کنید حتما بررسی کنید برای استفاده از ولتاژ فشار قوی دستگیره یا انبر عایقی به پروژه شما

کمک خواهد کرد. از یک لامپ نئون برای نشان دان ولتاژ فشار قوی زنده یا ذخیره شده برای گرفتن بار از خازنها با مقاوت بالا قبل از انجام تنظیمات استفاده کنید. باید تهویه مناسب باشد.

این مقاله نوشته اصلی آنتونی چارلتون و ویراستار مجله های «الکترونیک های الان» و «الکترونیکهای عموی بانویندگی جرنس یک پاپلیسهینگ در سال 1992»

یادداشت هاي ویراستار و رفع مسئولیت ها :

این کتاب به هدف آموزش و آزمایش تستی از پروژه های طراحی و ساخت ژنراتورهای ولتاژ فشار قوی ارائه شده است که بسازید و استفاده کنید اما با ریسک خود. ویراستار و تنظیم کننده هیچگونه مسئولیتی را در خصوص اتفاقات و صدمات ناشی از ساخت و استفاده از این ژنراتورها نمی پذیرد.

ضمیمه

دیتاشیت ترانزیستور BU508D

BU208D
BU508D/BU508DFI

HIGH VOLTAGE FAST-SWITCHING NPN POWER TRANSISTORS

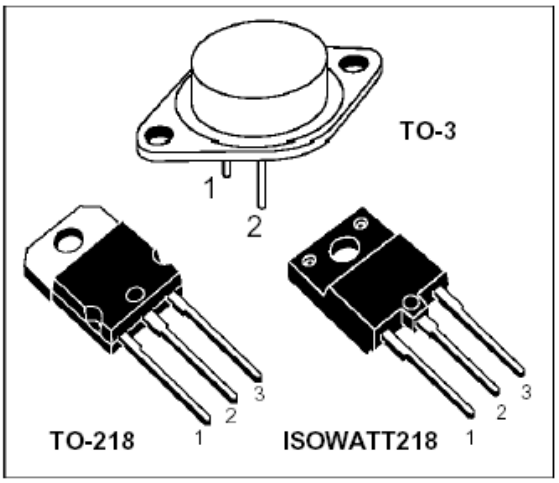
- BU208D AND BU508DFI ARE STM PREFERRED SALESTYPES
- HIGH VOLTAGE CAPABILITY
- U.L. RECOGNISED ISOWATT218 PACKAGE (U.L. FILE # E81734 (N)
- JEDEC TO-3 METAL CASE
- NPN TRANSISTOR WITH INTEGRATED FREEWHEELING DIODE

APPLICATIONS:

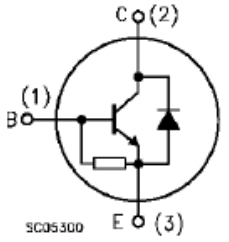
- HORIZONTAL DEFLECTION FOR COLOUR TV

DESCRIPTION

The BU208D, BU508D and BU508DFI are manufactured using Multiepitaxial Mesa technology for cost-effective high performance and uses a Hollow Emitter structure to enhance switching speeds.



INTERNAL SCHEMATIC DIAGRAM



For TO-3 :
C = Tab
E = Pin2.

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value			Unit
V_{CES}	Collector-Emitter Voltage (V_{BE} = 0)	1500			V
V_{CEO}	Collector-Emitter Voltage (I_B = 0)	700			V
V_{EBO}	Emitter-Base Voltage (I_C = 0)	10			V
I_C	Collector Current	8			A
I_{CM}	Collector Peak Current (t_p < 5 ms)	15			A
		TO - 3	TO - 218	ISOWATT218	
P_{tot}	Total Dissipation at T_c = 25 °C	150	125	50	W
T_{stg}	Storage Temperature	-65 to 175	-65 to 150	-65 to 150	°C
T_j	Max. Operating Junction Temperature	175	150	150	°C

THERMAL DATA

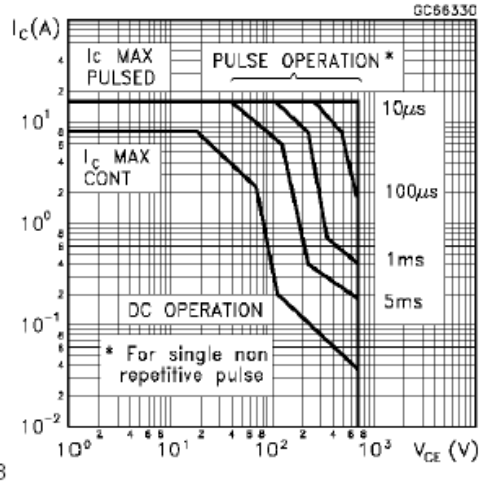
			TO-3	TO-218	ISOWATT218	
$R_{thj\text{-}case}$	Thermal Resistance Junction-case	Max	1	1	2.5	°C/W

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T_{case} = 25 °C unless otherwise specified)

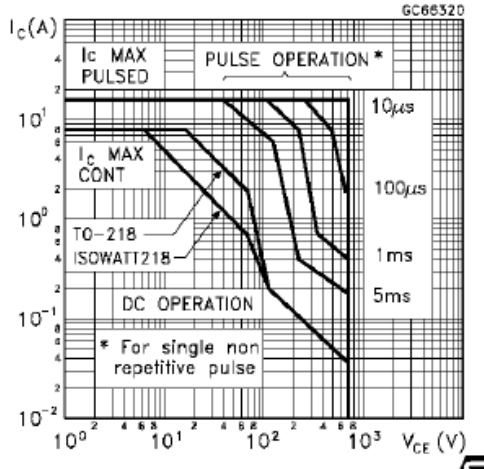
Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
I_{CES}	Collector Cut-off Current (V_{BE} = 0)	V_{CE} = 1500 V V_{CE} = 1500 V T_j = 125 °C			1 2	mA mA
I_{EBO}	Emitter Cut-off Current (I_C = 0)	V_{EB} = 5 V			300	mA
$V_{CEO(sus)}$	Collector-Emitter Sustaining Voltage	I_C = 100 m A	700			V
$V_{CE(sat)}$*	Collector-Emitter Saturation Voltage	I_C = 4.5 A I_B = 2 A			1	V
$V_{BE(sat)}$*	Base-Emitter Saturation Voltage	I_C = 4.5 A I_B = 2 A			1.3	V
t_s t_f	INDUCTIVE LOAD Storage Time Fall Time	I_C = 4.5 A h_{FE} = 2.5 V_{CC} = 140 V L_C = 0.9 mH L_B = 3 µH		7 550		ms ns
V_F	Diode Forward Voltage	I_F = 4 A			2	V
f_T	Transition Frequency	I_C = 0.1 A V_{CE} = 5 V f = 5 MHz		7		MHz

* Pulsed: Pulse duration = 300 µs, duty cycle 1.5 %

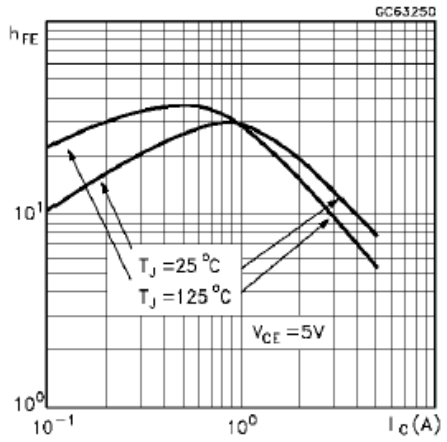
Safe Operating Area (TO-3)



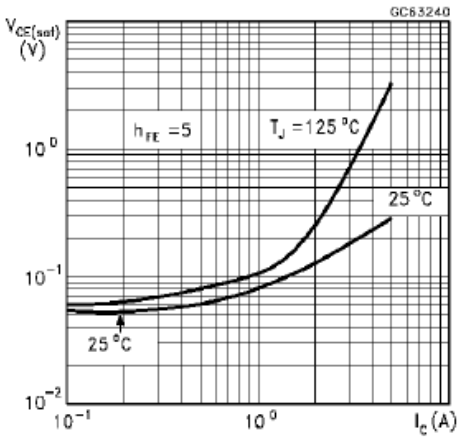
Safe Operating Area (TO-218/ISOWATT218)



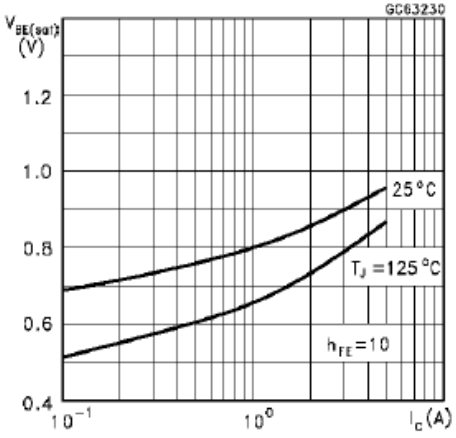
DC Current Gain



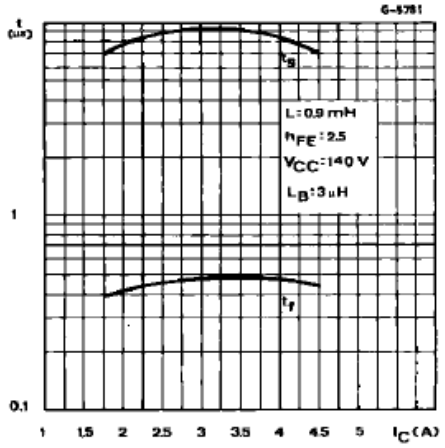
Collector Emitter Saturation Voltage



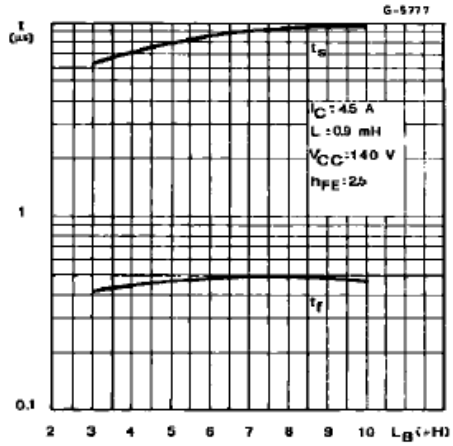
Base Emitter Saturation Voltage



Switching Time Inductive Load



Switching Time Inductive Load (see figure 1)



Switching Time Percentance vs. Case

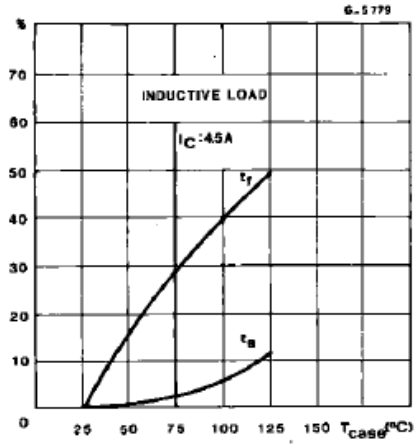
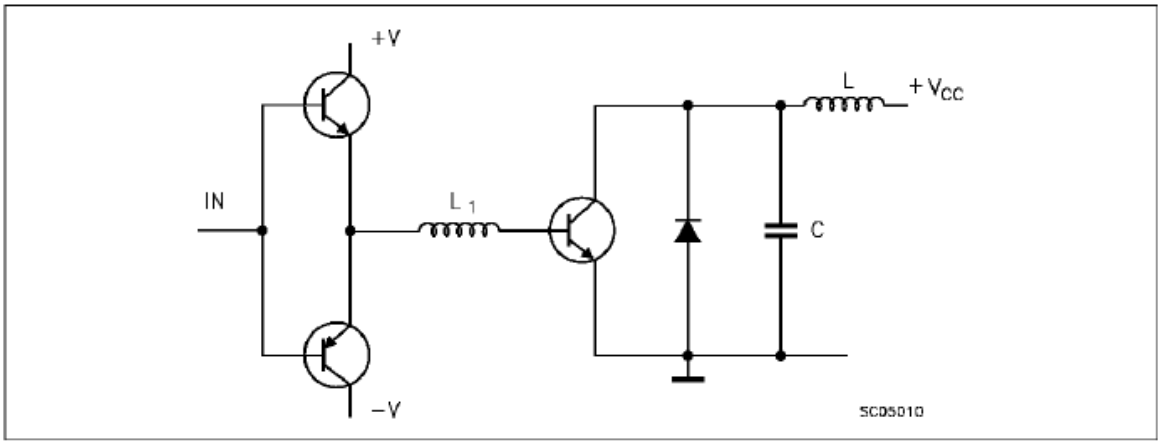
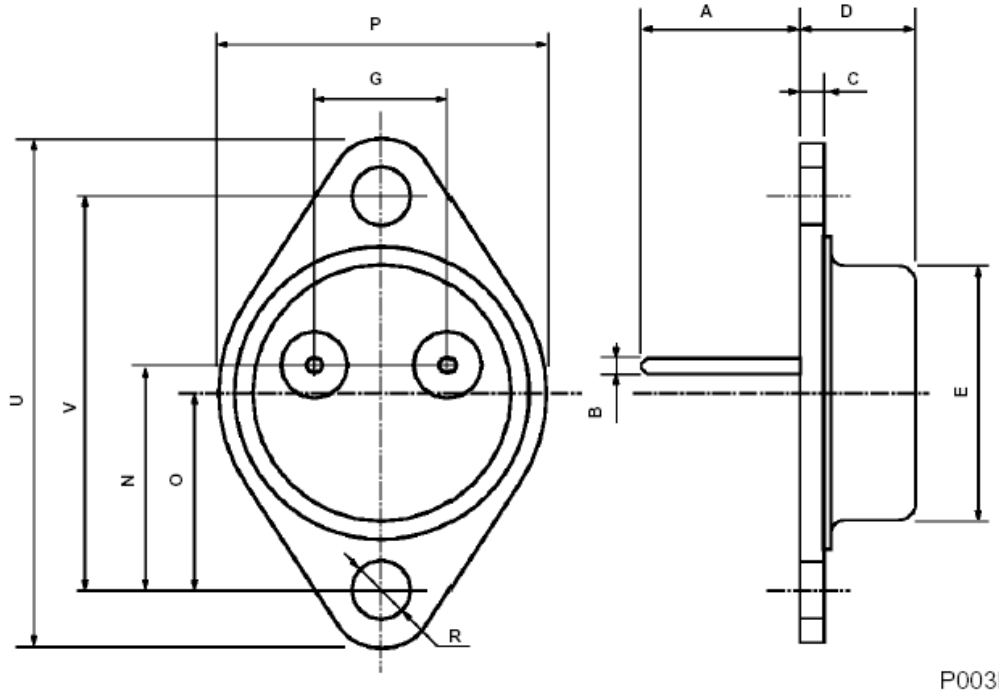


Figure 1: Inductive Load Switching Test Circuit.



TO-3 MECHANICAL DATA

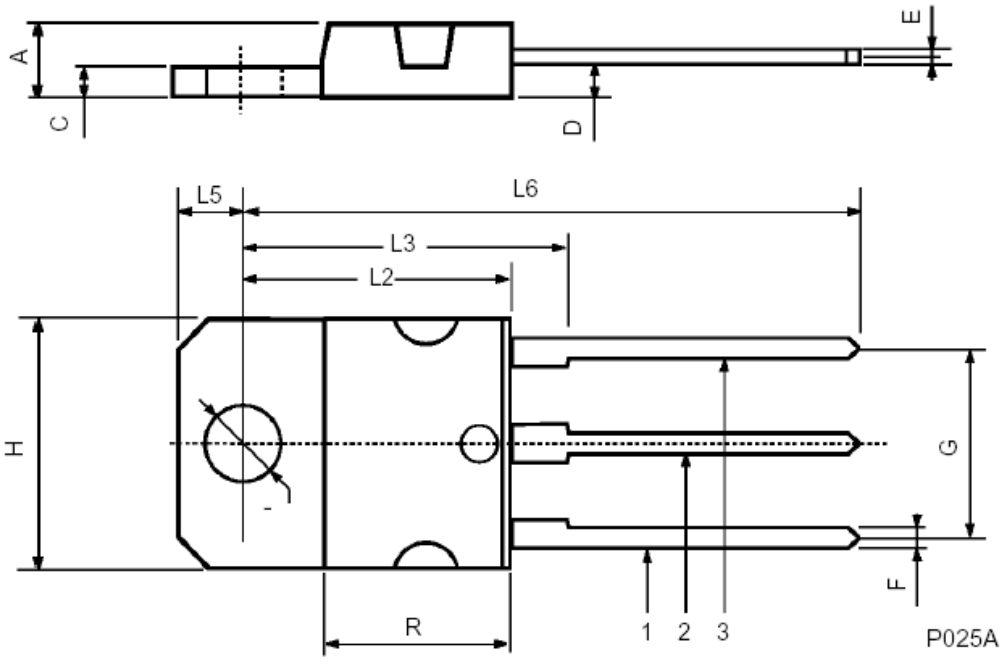
DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A	11.00		13.10	0.433		0.516
B	0.97		1.15	0.038		0.045
C	1.50		1.65	0.059		0.065
D	8.32		8.92	0.327		0.351
E	19.00		20.00	0.748		0.787
G	10.70		11.10	0.421		0.437
N	16.50		17.20	0.649		0.677
P	25.00		26.00	0.984		1.023
R	4.00		4.09	0.157		0.161
U	38.50		39.30	1.515		1.547
V	30.00		30.30	1.187		1.193



P003F

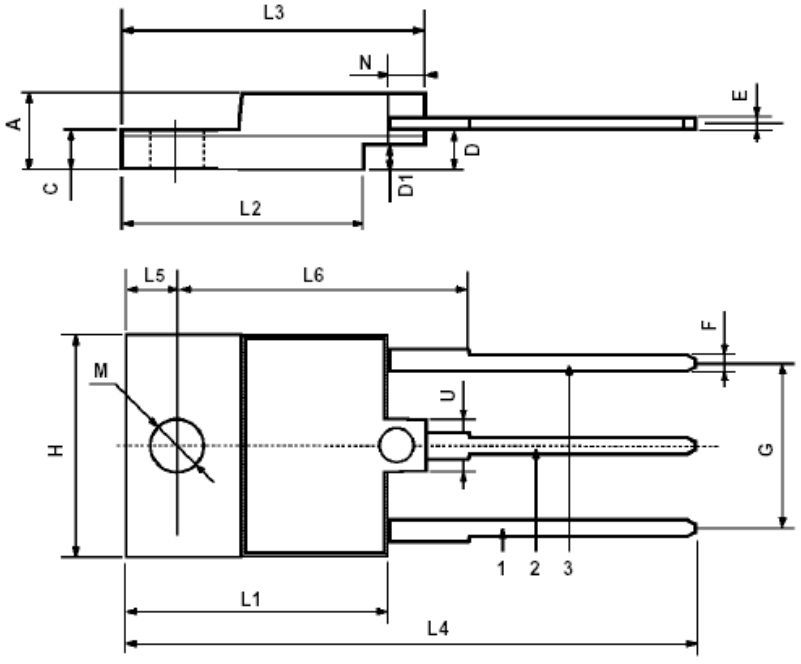
TO-218 (SOT-93) MECHANICAL DATA

DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A	4.7		4.9	0.185		0.193
C	1.17		1.37	0.046		0.054
D		2.5			0.098	
E	0.5		0.78	0.019		0.030
F	1.1		1.3	0.043		0.051
G	10.8		11.1	0.425		0.437
H	14.7		15.2	0.578		0.598
L2	–		16.2	–		0.637
L3		18			0.708	
L5	3.95		4.15	0.155		0.163
L6		31			1.220	
R	–		12.2	–		0.480
Ø	4		4.1	0.157		0.161



ISOWATT218 MECHANICAL DATA

DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A	5.35		5.65	0.210		0.222
C	3.3		3.8	0.130		0.149
D	2.9		3.1	0.114		0.122
D1	1.88		2.08	0.074		0.081
E	0.75		1	0.029		0.039
F	1.05		1.25	0.041		0.049
G	10.8		11.2	0.425		0.441
H	15.8		16.2	0.622		0.637
L1	20.8		21.2	0.818		0.834
L2	19.1		19.9	0.752		0.783
L3	22.8		23.6	0.897		0.929
L4	40.5		42.5	1.594		1.673
L5	4.85		5.25	0.190		0.206
L6	20.25		20.75	0.797		0.817
M	3.5		3.7	0.137		0.145
N	2.1		2.3	0.082		0.090
U		4.6			0.181	



P025C

Information furnished is believed to be accurate and reliable. However, STMicroelectronics assumes no responsibility for the consequences of use of such information nor for any infringement of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of STMicroelectronics. Specification mentioned in this publication are subject to change without notice. This publication supersedes and replaces all information previously supplied. STMicroelectronics products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems without express written approval of STMicroelectronics.

The ST logo is a trademark of STMicroelectronics

© 1998 STMicroelectronics – Printed in Italy – All Rights Reserved

STMicroelectronics GROUP OF COMPANIES

Australia - Brazil - Canada - China - France - Germany - Italy - Japan - Korea - Malaysia - Malta - Mexico - Morocco - The Netherlands - Singapore - Spain - Sweden - Switzerland - Taiwan - Thailand - United Kingdom - U.S.A.

References

The Possibility of Strong Coupling Between Electricity and Gravitation par *Takaaki Musha* Infinite Energy Magazine Issue 53 (Jan-Feb 2004) page 61-64

Rho Sigma,"Eher-Technology: A rational approach to gravity control",Cadake Industries, Clayton,1986

Musha,T . and Sawatari,K.,"Possibility of space drive propulsion by high potential field", Proc. of the 36th Space Sci. and Tech. Conf., JSASS,1992,PP.95-96(J)

Musha,T. and Abe,I.,"Biefeld-Brown effect and electro-gravitic propulsion by high potential electric field", Proc. of the 24th JSASS Annual Meeting, JSASS,1993,pp.189-192(J)

Musha,T . and Kanamoto,T.,"Electro-gravitational effect for dielectric material by high potential electric field", Proc. of the 38th Space Sci. and Tech. Conf., JSASS,1994,PP.31-32(J)

Musha,T.,"Possibility of gravitational propulsion by electromagnetic field", Proc. of the 25th JSASS Annual Meeting,JSASS,1994,pp.122-123(J)

Musha,T., "Brown's Electro-Gravitic Propulsion System",Sec.3.6.3,Report of Advanced Space Propulsion Investigation Committee, JSASS,1996,pp.104-116(J)

Musha,T., "Study on Brown's Propulsion System", Proc. of the 37th Conf. on Aerospace Propulsion,JSASS,1997,pp.342-349(J)

Okamoto, H.,Nagao,A. et al, "Research on the Gravity Control",HONDA R&D Technical Review,Vol.9 Report (unpublished)(J)

Weber, J.,"General relativity and Gravitational waves",Inter Science,1961

Iwanaga,N.,"Review of Some Field Propulsion Methods from the General Relativistic Standpoint, Space Technology and Applications International Forum,1999,pp.1051-1059

*(J) means the report is written in Japanese

American Antigravity http://tventura.hypermart.net The author's website that includes video clips, complete instructions, and other related lifter information.

Jean-Louis Naudin's "Lifter Experiments Website" http://jnaudin.free.fr A very in-depth website containing video clips, complete instructions,

World-Wide Lifter Replications http://jnaudin.free.fr/html/lftwrld.htm An overview with photos and video from many of the independent inventors who have replicated the lifter experiments.

Transdimensional Technologies, Inc http://www.tdimension.com The home page for Transdimensional Technologies, the developers of the lifter design.

Blaze Labs (Saviour's Research Website) http://bel.150m.com An excellent site on research into lifter enhancements, radiation testing, sealed devices,
power supplies, and other topics relating to lifter technology.

Lifter Builders Group http://groups.yahoo.com/group/Lifters An email group for the exchange of research findings for those interested in building lifters or
staying current on the state of the technology.

There are numerous references to asymmetric capacitors, called "lifters" on the internet, see

Web sites:
<http://jnaudin.free.fr/> (J. Naudin)
<http://www.soteria.com/brown/> (Web site summarizing information about Thomas Townsend Brown)
<http://www.tdimension.com/> (Transdimensional Technologies)
<http://www.jlnlabs.org> (J. Naudin)
<http://tventura.hypermart.net/index.html> (American Antigravity)

Stein, W. B. "Electrokinetic Propulsion: The Ionic Wind Argument." Purdue University

Energy Conversion Lab, Hangar #3, Purdue Airport West Lafayette, IN 47906, September 5, 2000, on Web at <http://foldedspace.com/EKP%20Ionic%20Wind%20Study%20-%20Purdue.doc>.

Talley, R. L. "Twenty First Century Propulsion Concept." Veritay Technology, Inc. 4845

Millersport Highway, East Amherst, N.Y. 14051, Report prepared for the Phillips Laboratory, Air Force Systems Command, Propulsion Directorate, Edwards AFB CA 93523–5000.

Cheng, Sin-I. "Glow discharge as an Advanced Propulsion Device," ASRS Journal vol. 12, p 1910–1916 (1962).

Christenson, E. A. and P. S. Moller. "Ion-Neutral Propulsion in Atmospheric Media," AIAA Journal vol. 5, no.. 10, p. 1768–1773 (1967).
See the Web site of Evgenij Barsoukov, <http://sudy_zhenja.tripod.com/lifter_theory/>.

See sections 2, 5 and 15 of L. D. Landau and E. M. Lifshitz. "Electrodynamics of Continuous Media." 2nd Edition, NY: Pergamon Press, 1984.

Loeb, L. B. "Fundamental Processes of Electrical Discharges in Gases,." p. 191, New York: John Wiley & Sons, 1939.

Brown, S. C. "Basic Data of Plasma Physics," p. 62. New York: John Woley & Sons, 1959.

Stratton, J. A. "Electromagnetic Theory," p. 104. New York: McGraw Hill Book Company, 1941.

Abraham, M. and R. Becker. "The Classical Theory of Electricity and Magnetism," p. 95. New York: Hafner Publishing Co. Inc., Second Edition, 1950.

Stratton, J. A. "Electromagnetic Theory," p. 139. McGraw Hill Book Company, N.Y., 1941.
23

Appendix A. Short Patent History Dealing With Asymmetric Capacitors

Townsend Brown, T. "A Method of and an Apparatus or Machine for Producing Force or

Motion." GB Patent 300311 issued on November 15, 1928[6].
Townsend Brown, T. "Electrokinetic Apparatus." U.S. Patent 2949550 issued on August 16, 1960.

Bahnson, A. H. Jr. "Electrical thrust producing device." U.S. Patent 2958790 issued on November 1, 1960.

Townsend Brown, T. "Electrokinetic Transducer." U.S. Patent 3018394 issued on January 23, 1962.

Townsend Brown, T. "Electrokinetic Apparatus." U.S. Patent 3187206 issued on June 1, 1965.

Bahnson, A.H. Jr. "Electrical thrust producing device." U.S. Patent 3227901 issued on January 4, 1966.

Cambell, J. W. (NASA). "Apparatus for Generating Thrust Using a Two Dimensional, Asymmetrical Capacitor Module." U.S. Patent US2002012221, issued January 31, 2002.

Cambell, J. W. (NASA). "Aparatus for Generating Thrust Using a Two Dimensional

Asymmetric Capacitor Module." U.S. Patent 6411493 issued on June 25, 2002.
[1] http://jnaudin.free.fr/lifters/main.htm
[2] http://arxiv.org/ftp/physics/papers/0209/0209051.pdf
[3] http://www.intalek.com/AV/Podkletnov-Breakthrough.wma
[4] http://arxiv.org/abs/quant-ph/0409197
[5] http://en.wikipedia.org/wiki/Lightning
[6] http://elf.gi.alaska.edu
[7] http://arxiv.org/abs/cond-mat/9701074